



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



R B C I A M B

Revista Brasileira de Ciências Ambientais
Março de 2015

Nº 35

Expediente

Editora Geral

Maria do Carmo Martins Sobral

Editor Executivo

Valdir Fernandes

Editores Internacionais

Günter Gunkel - Alemanha

Jose Alfaro Joins - EUA

Manuela Morais - Portugal

Oscar Parra - Chile

Editores Nacionais

Armando Borges de Castilhos Jr

Francisco Suetônio Bastos Mota

Márcia Maria Rios Ribeiro

Mário Augusto Gonçalves Jardim

Maurício Dziedzic

Tadeu Fabrício Malheiros

Conselho Editorial

Arlindo Philippi Jr, Adriana Rosseto, Asher Kiperstock, Carlos Alberto Cioce Sampaio, Cleverson Vitorio Andreolli, Eliza Maria Xavier Freire, Fabiano Toni, Jorge Tenório, Leandro Gonçalves Oliveira, Luiz Carlos Beduschi Filho, Marco Antonio Almeida de Souza, Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho, Maria de Lourdes Florencio, Miguel Mansur Aisse, Wanderley da Silva Paganini

Coordenação

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES

Presidente Nacional da ABES

Dante Ragazzi Pauli

Responsáveis

Allan Rodrigues

Soraia Fernandes



Submissão de artigos, dúvidas e sugestões: rbciamb@abes-dn.org.br

[Instruções para autores clique aqui](#)

Esta é uma publicação em parceria com o Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR www.ictr.org.br

ÍNDICE

01- LICITAÇÕES SUSTENTÁVEIS: CONTRATAÇÃO DE PROJETOS E OBRAS PÚBLICAS

Sustainable procurement: hiring projects and public building

Paula de Castro Brasil - Mônica Santos Salgado - Louise Land Bittencourt Lomardo - Fernanda F. de Melo Coelho

13- IMPACTO DA MUDANÇA DE COBERTURA VEGETAL NA SIMULAÇÃO DE EVENTO METEOROLÓGICO EXTREMO SOBRE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO MATO GROSSO DO SUL

The impact of land cover change on extreme meteorological event simulation over transmission lines in the state of Mato Grosso do Sul

Mônica Carneiro Alves Senna - Gutemberg Borges França - Renato Gonçalves dos Santos - Célia Maria Paiva - Audálio Rebelo Torres Jr - Igor Balteiro Pereira de Campos

26- USO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA PRIORIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MINIMIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS HORIZONTAIS

Use of analytic hierarchy process for prioritization of alternatives for minimization of environmental impacts in gated communities

Valkiria Nisgoski - Klaus Dieter Sautter - Julio Gomes - Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho

43- MEIO AMBIENTE, ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E POBREZA: EVIDÊNCIAS E REFLEXÕES DESTA TENSE, MAS NECESSÁRIA RELAÇÃO

Environment, poverty and scientific literacy: evidence and reflection of this tense and yet necessary connection

Mariane Freiesleben - Alex Pizzio da Silva - Cristiane Miranda Martins - José Ramiro L. Marón

55- CULTIVO DE CHLORELLA VULGARIS EM VINHAÇA FILTRADA

The growth of chlorella vulgaris in filtered vinasse

Camila Candido - Lombardi, A.T. - Lima, M.I.S.

63- AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MÉTODOS EXPEDITOS DE DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS

Performance evaluation of methods for determination of rain equations intense

Karinnie Nascimento de Almeida - José Antônio Tosta dos Reis - Antônio Sérgio Ferreira Mendonça

78- PROJETO URBANO LAGOAS DO NORTE: ESTRATÉGIA DE REQUALIFICAÇÃO DE UMA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

Lagoas do Norte urban project: a requalification strategy of a permanent preservation area

Lara Lopes - Gilda Collet Bruna

92- CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS ESGOTADOS DE FOSSAS DO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA NO ESTADO DE GOIÁS

Characterization of cesspool waste depleted of city of Itumbiara at state of Goiás

Juliana Moraes Silva - Paulo Sergio Scalize

102- DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE MATA CILIAR: UMA ANÁLISE INTEGRADA DE PARÂMETROS BOTÂNICOS, METEOROLÓGICOS E DA GENOTOXICIDADE DO AR ATMOSFÉRICO

Riparian forest environmental diagnosis: an integrated analysis of botanical and meteorological parameters as well as atmospheric air genotoxicity

Ledyane Rocha-Uriartt - Mara Betânia B. Cassanego - Diego Fedrizzi Petry Becker - Annette Droste - Jairo Lizandro Schmitt

116- MEIO AMBIENTE E PARTICIPAÇÃO SOCIAL: A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO PARA O SETOR DO SANEAMENTO BÁSICO

Environment and social participation: the importance of planning sanitation services

Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi

LICITAÇÕES SUSTENTÁVEIS: CONTRATAÇÃO DE PROJETOS E OBRAS PÚBLICAS

SUSTAINABLE PROCUREMENT: HIRING PROJECTS AND PUBLIC BUILDING

RESUMO

Paula de Castro Brasil

Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estácio de Sá-UNESA, e dos cursos de Engenharia civil e produção da UNILASALLE, Rio de Janeiro, RJ.

paulabrasil_arq@yahoo.com.br

Mônica Santos Salgado

Professora Titular da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro/PROARQ –UFRJ. Bolsista de Produtividade Pesquisa CNPQ.

monicasalgado@ufrj.br

Louise Land Bittencourt

Lomardo

Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal Fluminense / PPGAU-UFF, Niterói – RJ. Bolsista de Produtividade Pesquisa CNPQ.

louiselb@gmail.com

Fernanda F. de Melo Coelho

Professora do Instituto Federal de Minas Gerais

fernandamcoelho@gmail.com

A licitação sustentável é caracterizada como um instrumento de gestão ambiental, utilizado pela administração pública, para inserção de critérios ambientais nas compras e contratações. Diante do significativo impacto ambiental causado pelo setor da construção civil, esse instrumento pode atuar na produção de edificações e cidades sustentáveis. O objetivo do trabalho é estudar a viabilidade jurídica na adoção de práticas sustentáveis nas contratações de projetos e obras públicas no país. Para isso, foi realizado um levantamento das licitações no ano de 2013 a fim de verificar o quadro atual dessas contratações. A partir do levantamento, foram apontados alguns desafios para a aplicação das licitações sustentáveis. Como resultado, verifica-se a real viabilidade jurídica para a implantação desse instrumento. Além disso, observa-se a necessidade de um gestor único responsável por intensificar a integração dos agentes do ciclo de vida da edificação, evitando assim a fragmentação do processo e aumentando a qualidade e a sustentabilidade do produto final edificado.

Palavras-chave: consumo sustentável; edificações públicas; licitações sustentáveis.

ABSTRACT

Sustainable procurement is characterized as an environmental management tool used by the public authorities for inclusion of environmental criteria in procurement and contracting. Given the significant environmental impact caused by the construction industry, this instrument can have consequences in the production of sustainable buildings and cities. The aim of this paper is to study the feasibility in adopting sustainable practices for public projects in Brazil. For this, a survey of bids was conducted in 2013 to check the current situation of these signings. From the survey, some challenges to the implementation of sustainable bidding were appointed. As a result, there is a real legal feasibility for the implementation of this instrument. In addition, there is a need for a single manager responsible for increasing the integration of agents lifecycle of the building, thus avoiding fragmentation of the process and increasing the quality and sustainability of the final product built.

Keywords: sustainable consumption; public buildings; sustainable procurement

INTRODUÇÃO

A dimensão e gravidade dos desafios ambientais deixam cada vez mais evidente a necessidade da adoção de estratégias e práticas alinhadas ao desenvolvimento sustentável.

As discussões a respeito da sustentabilidade têm crescido, entretanto, ainda não existe um consenso sobre seu conceito, que vem sofrendo alterações desde a sua origem. Atualmente, a noção mais corrente da sustentabilidade, definida pela ONU, engloba três vertentes: desenvolvimento economicamente viável aliado ao respeito ao meio ambiente e à justiça social.

Nesse contexto, considerando o papel da administração pública, na qualidade de grande consumidor de bens, serviços e obras, o consumo sustentável passa a ter fundamental importância, para a implementação do desenvolvimento sustentável.

Por estar vinculada aos princípios constitucionais da legalidade, moralidade, impessoalidade, publicidade e eficiência, a administração pública somente poderá realizar contratações mediante procedimento prévio, denominado licitação pública estabelecido na lei federal nº 8.666 (Lei de Licitações e Contratos Administrativos), de 21 de junho de 1993 e na Lei nº 10.520 (Lei do Pregão), de 17 de julho de 2002, exceto nos casos¹ quando a legislação expressamente permitir a celebração de contratações de forma direta.

Esse procedimento administrativo tem como objetivo selecionar uma das propostas oferecidas pelos prestadores de serviço, na aquisição de bens e serviços, assegurando a igualdade de condições entre os participantes e a seleção da proposta que melhor atenda ao interesse público (Lei 8.666/93).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014), as aplicações cegas dessas leis têm levado os órgãos públicos a comprar produtos de baixa qualidade, contratar serviços ou realizar obras que contribuem muitas vezes para a criação de problemas ambientais.

A lei federal 12.462/2011 instituiu o Regime Diferenciado de Contratação (RDC). Inicialmente o Regime referia-se apenas às licitações e aos contratos necessários à de realização das Olimpíadas e Paraolimpíadas de 2016; Copa das Confederações de 2013 e Copa do Mundo da FIFA de 2014; Obras de infraestrutura e serviços para aeroportos das capitais até 350 KM das cidades sedes. Atualmente abrange educação, saúde, esgotamento sanitário. O RDC é caracterizado pela contratação integrada de projeto e execução de obras.

Acredita-se que os processos licitatórios sejam por meio das contratações baseadas na lei 8.666/93 ou do RDC, possam estimular as mudanças de comportamento necessárias, tanto dos entes públicos como das licitantes, para gerar impactos positivos no meio ambiente em todos os estágios deste processo. Nesse sentido, surge o conceito de licitação sustentável, que corresponde à inclusão de critérios ambientais e sociais para compras e contratações, visando à valorização da transparência de gestão, da economia de consumo de água e energia, da redução de emissão de poluentes, de produtos com baixa toxicidade, da minimização na geração de resíduos, entre outros aspectos.

¹ Hipóteses de dispensa ou inexigibilidade do certame.

MÉTODO

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade jurídica na adoção de práticas sustentáveis no sistema de contratação de projetos e obras públicas no país. Para tal, foi realizado um levantamento das licitações no ano de 2013, a partir do portal de compras do governo federal, a fim de verificar o quadro atual dessas contratações.

Além disso, foram analisados as leis vigentes e o sistema de contratação no segmento público, com maior enfoque no sistema de contratações baseado na Lei

8.666/93 que abrange a maior parte das contratações referentes a construção civil. O estudo da legislação vigente contribuiu para fundamentar a discussão da viabilidade jurídica das licitações sustentáveis.

Entende-se que a relevância da pesquisa está na carência de estudos para a sustentabilidade nas edificações especificamente do segmento público, já que esse tem papel importante no setor da construção civil, sendo responsável pela formação do arcabouço legal.

LICITAÇÕES SUSTENTÁVEIS: VIABILIDADE JURÍDICA

O poder público como consumidor no mundo

A tentativa de estimular países a desenvolverem práticas de sustentabilidade é antiga e destaca-se pelas ações jurídicas e pelos acordos internacionais.

No Brasil, a Lei nº 4.771/65 (Código Florestal) e a Lei nº 9.605/98 (Lei dos Crimes Ambientais) reforçam a

importância da atuação do Estado como agente fomentador e normatizador do meio ambiente. Entretanto, o papel de agente normatizador também confere ao Estado a responsabilidade pelo cumprimento das leis ambientais perante os fornecedores da administração pública.

De acordo com a Constituição da República Federativa do Brasil (art. 225, 1988, grifo nosso):

Todos os cidadãos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao poder público e a toda coletividade o dever de sua defesa e preservação para as gerações presentes e futuras, por ser o meio ambiente bem de uso comum do povo, considerado essencial à uma boa qualidade de vida.

No artigo 170, a Constituição afirma que a defesa do meio ambiente será efetivada inclusive mediante tratamento diferenciado, conforme o impacto ambiental de produtos e serviços e considerando seus processos de elaboração e prestação.

Com a publicação da Lei nº 6.938/1981, criou-se a Política Nacional do Meio Ambiente, que tem como

filosofia a preservação ambiental, recuperação da qualidade ambiental propícia à vida.

Já a Agenda 21 (1992, capítulo 4) incentiva os países a estabelecerem programas voltados à revisão dos padrões insustentáveis de produção e consumo e ao desenvolvimento de políticas e estratégias nacionais alinhadas com este objetivo.

Segundo o conceito estabelecido pelo documento "Procuring the Future" elaborado pela Sustainable Public Procurement Task Force-UK (2006, tradução nossa):

A Licitação Sustentável deve considerar as consequências ambientais, sociais e econômicas dos seguintes aspectos: elaboração de projeto; utilização de materiais renováveis; métodos de produção; logística e distribuição; uso, operação, manutenção, reuso; opções de reciclagem; e o comprometimento dos fornecedores em lidar essas consequências ao longo de toda a cadeia produtiva.

Em 2007, a definição do governo inglês foi aceita pela Força-Tarefa Marrakesh para Compras Públicas Sustentáveis (*Marrakesh Task Force on Sustainable*

Public Procurement), da qual o governo do Estado de São Paulo faz parte.

Além da Inglaterra, a adoção de normas em favor das contratações sustentáveis pode ser observada em diversos países, como Japão, Canadá, Países Baixos, Noruega, África do Sul, e em particular nos Estados Unidos, que estabeleceu o regulamento *Executive Order Number 12.873*, obrigando licitações baseadas em regras que respeitem o meio ambiente e a cidadania.

Segundo Carvalho Filho (2011), instrumentos econômicos são importantes para a introdução de iniciativas voltadas para a “sustentabilidade” nas licitações. Em 2010, a lei federal nº 12.349 alterou o art. 3º da lei 8.666 modificando a definição de licitação (grifo do autor):

A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração pública e a promoção do *desenvolvimento sustentável*.

Verifica-se, portanto, no tocante à defesa, preservação e conservação do meio ambiente, que a Constituição Federal Brasileira² determina ao Poder Público a adoção de ações não apenas de recuperação dos danos ambientais, mas destaca principalmente, ações de caráter preventivo. Pode-se assim estimular o uso de tecnologias menos danosas ao meio ambiente e o tratamento diferenciado em razão do impacto ambiental dos produtos e serviços e seus processos de produção. A Carta Federal impõe ainda, ao Poder Público, a divulgação de uma consciência pública voltada à preservação ambiental.

O poder público como consumidor no Brasil

Para entender o quadro atual do país, o presente trabalho realizou um levantamento das 41.610 licitações ocorridas em 2013, através do site Compras.net do governo federal. O levantamento permitiu constatar que as licitações sustentáveis representam apenas 0,06% do total de aquisições públicas. Estas se referiram às compras de caneta esferográfica (4%), detergente (9%), copo descartável (12%), aparelho de ar condicionado (16%) e papel A4 (31%). Não foram observadas de forma significativa a

políticas de desenvolvimento. Entende-se que a inclusão da sustentabilidade nas políticas fiscais e tributárias são ótimas estratégias governamentais para a menor degradação ambiental.

Assim, a Instrução Normativa Brasileira nº1/2010 art. 3º incentiva que as licitações utilizem como critério de julgamento a modalidade “melhor técnica” ou “técnica e preço”, sendo necessário que os editais estabeleçam critérios objetivos de sustentabilidade ambiental para respaldarem a avaliação e classificação das propostas.

Nesse contexto, observa-se a viabilidade jurídica para as licitações sustentáveis, inclusive no Brasil, diante do respaldo legal e das discussões e conferências mundiais sobre o tema realizadas ao longo da história. Como resultado disso, é possível observar novas posturas em favor da sustentabilidade nas contratações públicas, conforme as mencionadas acima, entretanto, no Brasil, o viés sustentável ainda é muito incipiente.

Entende-se assim que o edital (instrumento convocatório) pode funcionar como um instrumento de propostas e garantia para a sustentabilidade.

presença de projetos e execução de obras com esse foco.

Ao realizar uma licitação, a Administração deve utilizar uma das modalidades³ descritas na legislação, de acordo com o objeto da contratação e o preço estimado para o objeto a ser contratado. Desse modo, as licitações públicas podem ser realizadas em seis

² Iniciativas relatadas na Constituição Federal nos artigos 145, 170 e 225.

³ As modalidades estão descritas detalhadamente na lei 8.666/93 no art. 22 e o pregão na Lei Federal 10.520/02.

diferentes modalidades: Convite, Tomada de Preços, Concorrência, Concurso, Leilão e Pregão.

No que se refere às “modalidades” das aquisições, o levantamento considerou as descritas na lei federal

8.666. Convite (768), tomada de preço (1870), concorrência (1809), concurso (23), pregão presencial e eletrônico (37.140).

LICITAÇÕES ANO DE 2013

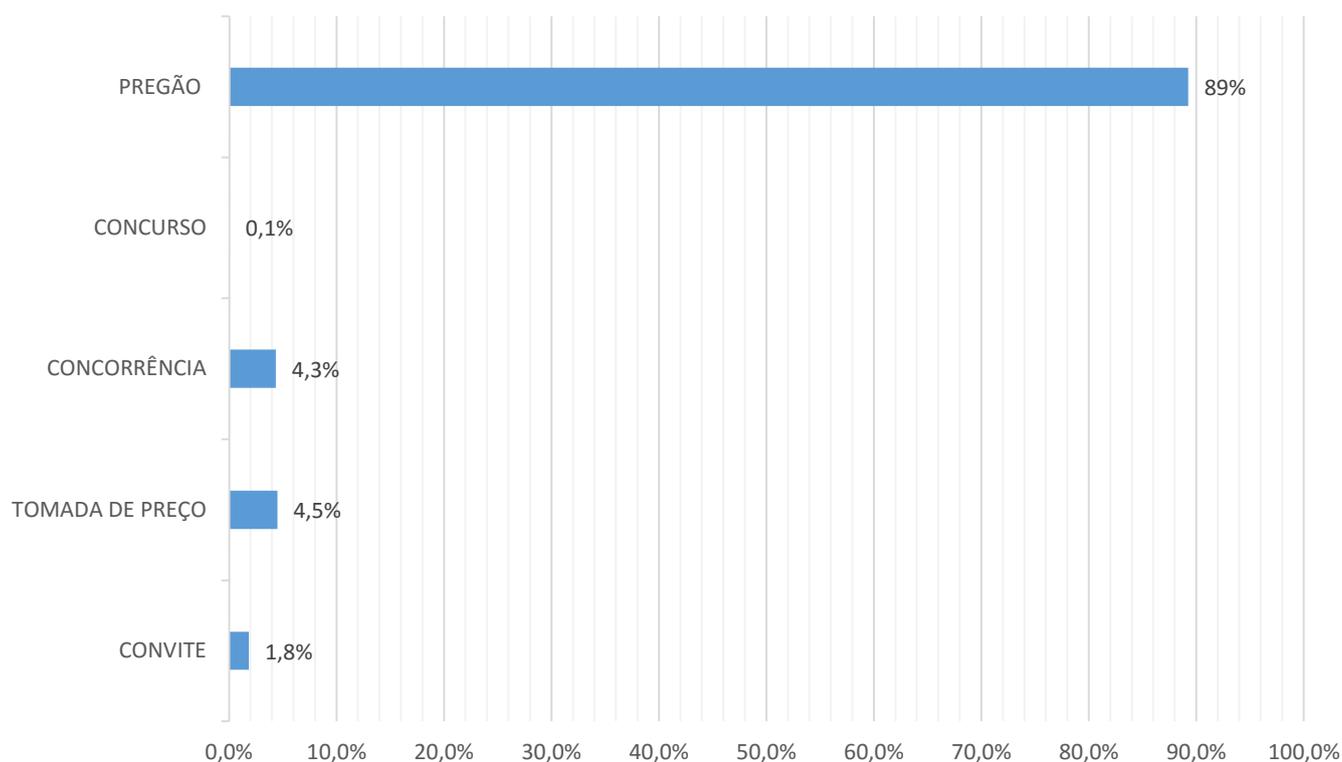


Figura 1 – Levantamento das aquisições públicas por modalidade no ano de 2013.

Verifica-se na figura 1 que o pregão (presencial e eletrônico) é a modalidade mais utilizada pela administração pública e que é a que mais utiliza os recursos públicos. Isso ocorre porque o pregão permite a contratação de produtos e serviços de qualquer valor, e é a modalidade com prazos mais curtos entre a divulgação do edital e a formalização do contrato depois do Convite. Diferente dos concursos (45 dias), concorrência (45 dias) e tomada de preço (30 dias), que precisam de prazos maiores. Atualmente, a modalidade de licitação pregão é caracterizada pela rapidez e economia nas compras, principalmente,

quando ocorre de maneira eletrônica, o que permite que o universo concorrencial (online) seja maior. É válido ressaltar que projetos de arquitetura e serviços de execução de pequeno porte podem utilizar essa modalidade, o que faz com que questões relacionadas a sustentabilidade e capacitação técnica não funcionem como fatores de competição já que o pregoeiro avalia as propostas pelo critério de menor valor (TCU. Acórdão n. 841/2010). Conforme descrito na legislação, podem ser adquiridos pela modalidade pregão bens e serviços comuns, isto é, aqueles cujos padrões de desempenho e qualidade podem ser

definidos no edital com especificações usuais de mercado. Apesar da definição legal, existem muitas dúvidas acerca da caracterização do objeto como um bem ou serviço comum. A legislação não relaciona quais são esses objetos, ficando a critério da Administração, em sua fase de planejamento, verificar se o objeto a ser contratado é comum. Dessa forma, a lei dá margem para a contratação de serviços como projeto de arquitetura, considerados como comuns além de serviços de execução de obra tal como pintura, manutenção predial, entre outros. Assim, ocorre a inversão das fases de habilitação e julgamento, sendo apenas o menor preço o requisito de escolha.

Entretanto, a modalidade concurso é a mais indicada para atividades de cunho intelectual de acordo com a lei 8.666/93, como é o caso dos projetos de arquitetura, visto que a seleção é realizada por técnica. Apesar disso, o levantamento constatou que esta modalidade representou apenas 0,1% das contratações no ano de 2013.

Quanto ao “tipo” (requisitos) de licitação, o levantamento constatou que foram realizadas 41.552 licitações do tipo menor preço; 23 melhor técnica; 35 técnica e preço. Observa-se assim que a qualidade técnica não tem sido pré-requisito em 99,86% das licitações, o que é um dado preocupante no que tange as metas de sustentabilidade.

Quanto ao cronograma anual das contratações públicas, observa-se que 49% das contratações ocorrem nos meses de setembro, outubro e novembro, em função da falta de planejamento e da necessidade de não perder as verbas disponíveis (Figura 2).

QUANTITATIVO MENSAL LICITAÇÕES

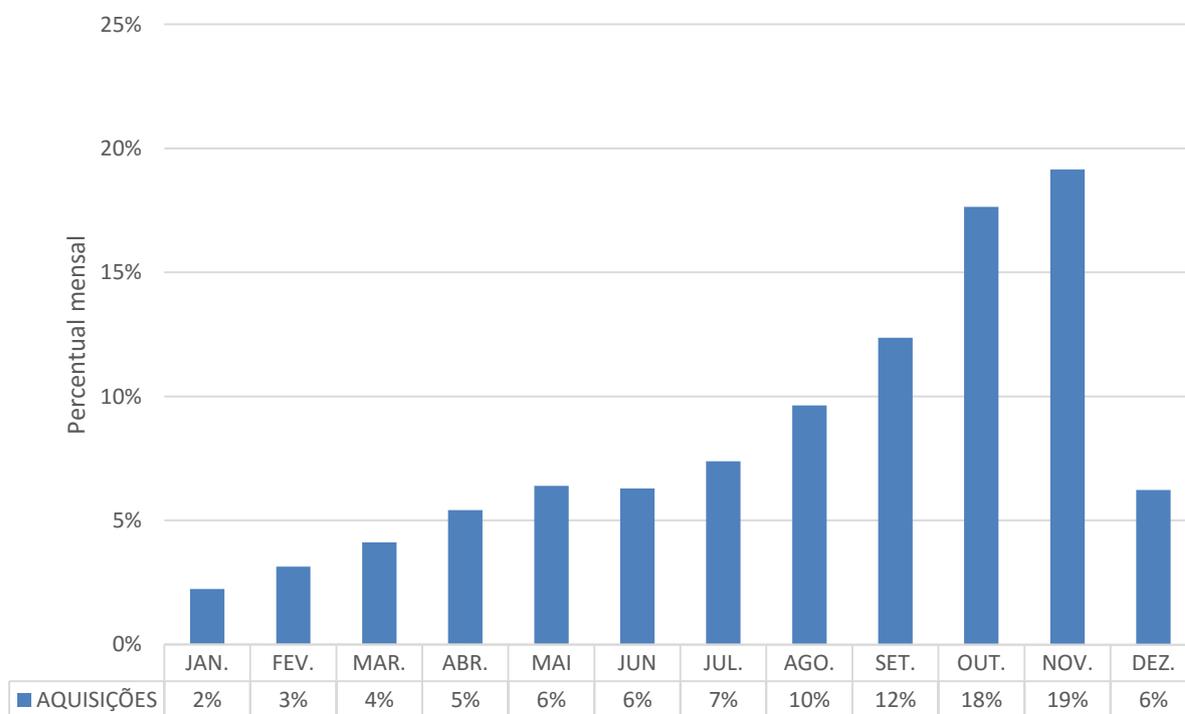


Figura 2 – Levantamento das aquisições públicas por modalidade no ano de 2013.

Em muitos casos, em função dos prazos, a Administração realiza a aquisição como emergência fabricada ou ficta.

Com isso, o fator tempo interfere na escolha da modalidade e no tipo, fazendo com que a seleção seja, preferencialmente, pela modalidade de menor prazo (pregão) e o tipo de licitação de menor preço, o que compromete a qualidade e sustentabilidade do processo, além de diminuir o universo concorrencial já que o tempo de publicação é o mínimo.

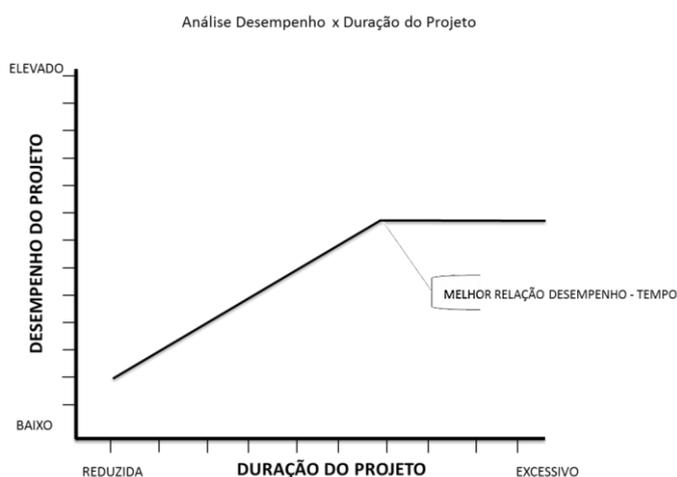


Figura 3 – Desempenho do projeto

Entende-se que os projetos com duração reduzida em função do prazo podem ter o desempenho comprometido (qualidade e sustentabilidade). Já os projetos com a duração ideal, ou seja, com maior planejamento e tempo tendem a atingir o máximo de desempenho (tempo ótimo). Se o tempo for excessivo resultará em perda de qualidade pela ineficiência (figura 3).

A fim de que sejam cumpridos os princípios constitucionais e as normas legais que regem os atos da administração pública, em especial quanto à divulgação de uma consciência pública voltada à defesa do meio ambiente, torna-se fundamental maior ênfase na fase de planejamento e desenvolvimento dos projetos para a construção de edificações.

DESAFIOS PARA A CONTRATAÇÃO PÚBLICA SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os projetos e obras no Brasil, sempre se destacaram no grupo de investimentos realizados no âmbito da administração pública, tanto pela materialidade do objeto arquitetônico, quanto pela importância da conclusão do empreendimento para a sociedade.

Dentre as peculiaridades do segmento público, destaca-se a necessidade de atender às demandas de infraestrutura de forma que não onerem os cofres públicos e que, simultaneamente, promovam o bem-estar social e a preservação ambiental.

Segundo a lei 8666/93, o ciclo de vida da edificação pode ser estruturado de duas formas: os processos licitatórios para as contratações dos projetos básico e executivo devem ocorrer antes da licitação para a execução da obra (figura 4) e a licitação de obra ocorre baseada somente no projeto básico (BRASIL, 2010). No segundo caso, o projeto executivo pode ser desenvolvido concomitantemente com as etapas de execução da obra, chamado de *fast track* (figura 5).

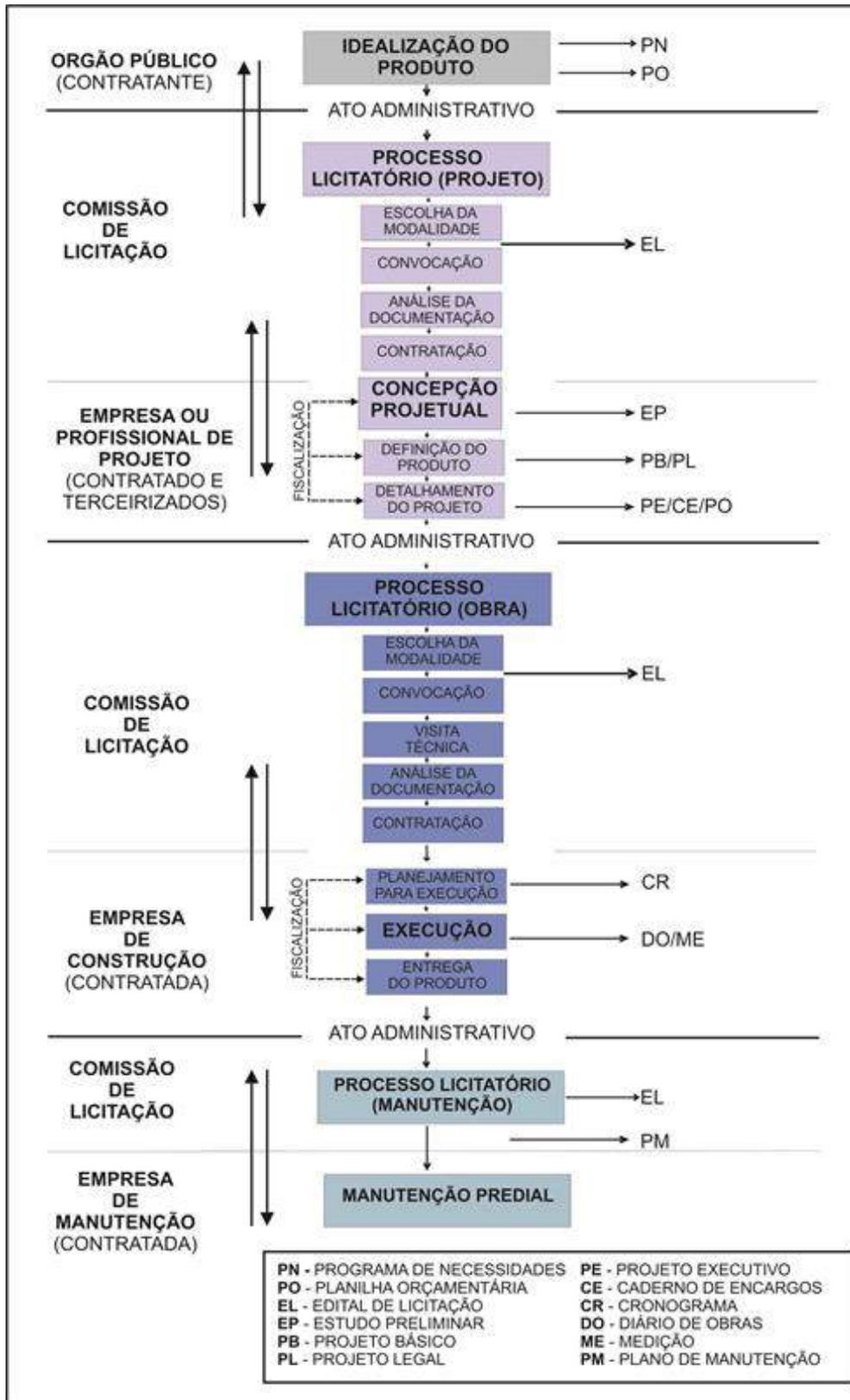


Figura 4 – Estrutura linear do processo de projeto de edificações públicas 01

FONTE: BRASIL (2010)

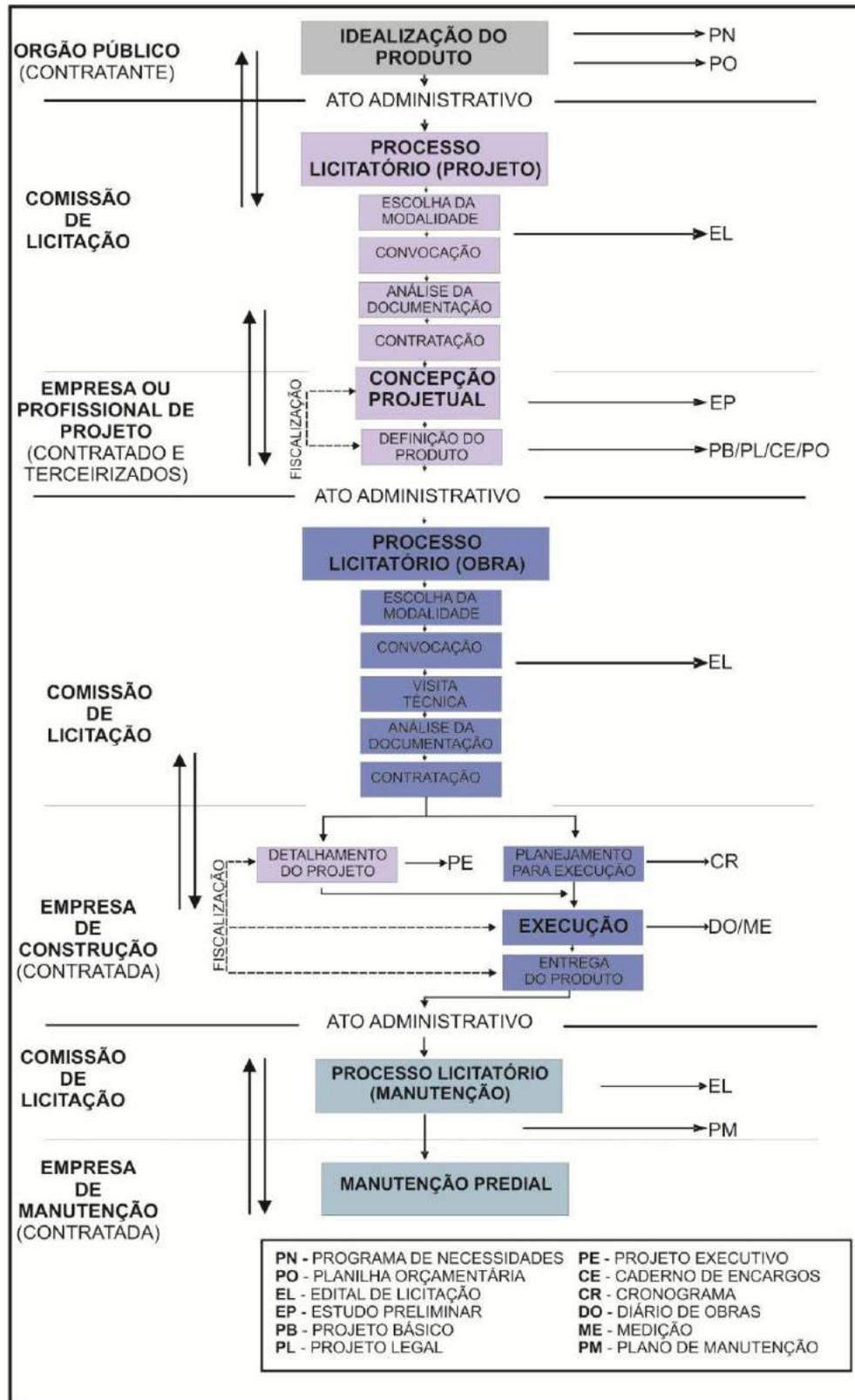


Figura 5 – Estrutura do processo de projeto de edificações públicas 02

FONTE: BRASIL (2010)

Observa-se nessas estruturas que no sistema de contratação e de gestão do processo de projeto das edificações públicas, após a finalização do projeto de arquitetura e de aprovação junto a comissão de licitação e ao órgão público contratante, as atribuições contratuais da equipe de projeto tornam-se finalizadas, o que faz com que os projetistas não participem da execução da obra.

Diversos autores (MELHADO, 2001; BOBROFF, 1997) já destacaram a importância do acompanhamento das obras pelos projetistas, assim como a participação antecipada de construtores no processo de concepção para a qualidade da obra. Trata-se essencialmente de reconhecer que o projeto é um processo iterativo e coletivo, exigindo assim uma coordenação do conjunto das atividades envolvidas, compreendendo momentos de análise crítica e de validação das soluções, sem, no entanto, impedir o trabalho especializado de cada um dos seus participantes (BRASIL, 2010).

Com isso, o processo de projeto de edificações públicas ocorre de forma fragmentada e, embora o foco seja a racionalização e a operacionalização, estas ficam comprometidas pela falta de integração entre os envolvidos no projeto e na execução. A construtora ou empresa de execução de obras não participa das etapas de projeto e os projetistas não acompanham a obra. Em função disso, as técnicas especificadas em projeto nem sempre fazem parte das habilidades do construtor. Dessa forma, não há também um sistema de gestão de projetos que oriente os projetistas com uma visão voltada para o canteiro, o que diminuiria a possibilidade de erros na execução, retrabalho, aumento dos

custos, solicitação de aditivos de tempo e financeiros nos contratos e comprometimento do sucesso do empreendimento.

Outro desafio que se coloca diz respeito ao programa de necessidades, resultado da etapa de idealização do produto, que deveria ser focado nas necessidades dos usuários da edificação. Entretanto, na maior parte dos casos, o foco recai nas necessidades dos produtos e serviços das edificações públicas (BRASIL, 2010). A definição clara, das necessidades dos usuários e das prioridades da edificação é fundamental para o sucesso do produto final edificado. Na maior parte dos casos, o programa de necessidades estabelecido pela administração pública apresenta poucos requisitos a serem cumpridos pelos projetistas e não aborda a questão da sustentabilidade como premissa para a concepção projetual e execução da obra. A inserção de requisitos de sustentabilidade no programa de necessidades e nos instrumentos convocatórios (edital de licitação e carta convite) é fundamental, pois repercute em todas as etapas sequenciais do processo de projeto, possibilitando elevar a qualidade ambiental da edificação.

Já na estrutura do RDC, as licitações ocorrem baseadas somente no Anteprojeto e a empresa contrata fica responsável pelo projeto básico e executivo além da obra. Este Regime tem sido alvo de muitas críticas por parte do Conselho de Arquitetura e Urbanismo em função da administração pública passar a responsabilidade do projeto para a contratada. A preocupação com a qualidade dos projetos nesse regime tange em função da qualidade e da sustentabilidade que se espera para o produto final edificado.

CONCLUSÕES

O Estado, no contexto atual, deve atuar como importante agente de transformação, dando exemplo e fomentando o cumprimento da legislação no que se refere ao meio ambiente. Deste modo, a ação da administração pública, na qualidade de consumidor, ao contratar a aquisição de bens, a prestação de serviços diversos e a execução de obras, encontra-se necessariamente subordinada aos comandos da natureza preventiva determinados pela Constituição Federal. Assim, a Carta Federal leva, obrigatoriamente, à implantação de políticas públicas voltadas ao consumo sustentável, proporcionado dessa forma, a viabilidade jurídica às licitações sustentáveis.

Ressalta-se que os instrumentos convocatórios da licitação podem funcionar como aliados à adoção de práticas sustentáveis, visto que a inserção de estratégias com este foco é viável diante do arcabouço jurídico apresentado. As estratégias sustentáveis podem ser inseridas como premissas de projeto, procedimentos para canteiro de obras com baixo impacto ambiental, uso de certificações ambientais (projeto e execução), a fim de que o ciclo de vida da edificação esteja voltado para a produção de edificações sustentáveis.

No que se refere à construção civil, observa-se alguns desafios como a fase de planejamento deficiente em função do curto prazo, o que compromete o desempenho do projeto e, principalmente, na gestão do processo de projeto, que ocorre de forma fragmentada entre as etapas de licitação de projeto e obra.

Observa-se, dessa forma, a necessidade de um único responsável pelo desenvolvimento e coordenação dos projetos das edificações e empreendimentos públicos, que acompanhe todo o ciclo de vida da edificação (projeto básico, executivo e obra), evitando assim a fragmentação do processo e aumentando a qualidade e a sustentabilidade do produto final edificado. Ressalta-se que a lei 8.666/93 proíbe a contratação do projeto e da execução pela mesma empresa, mas a contratação da empresa de projeto para gerenciamento, consultoria e ou fiscalização é legal.

Destaca-se também a necessidade de determinar as diretrizes de sustentabilidade no escopo dos instrumentos convocatórios, independente da contratação ser realizada baseada na lei 8.666/93 ou no Regime Diferenciado de Contratação.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de doutorado, UNESA e ao CNPQ pela bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Rio de Janeiro. **Agenda 21**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1992.
- BOBROFF, J.. **L'innovation, quels enjeux pour la maîtrise d'ouvrage**. Paris: Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1997. 36 p.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm> Acesso em: 31 out. 2013
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm> Acesso em: 31 out. 2013
- _____. **Instrução Normativa nº 1, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.
- _____. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 12 abr. 2014.
- _____. **Lei n.º 8666, de 21 de junho de 1993**. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.servidor.gov.br/arq_editaveis/pdf/legisla%C3%A7%C3%A3o/Lei%208666Consolidada.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2014.
- _____. **Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002** - Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, a modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 12 abr. 2014.
- _____. **Lei Federal nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010**. Altera as Leis nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Disponível em: <http://www.servidor.gov.br/arq_editaveis/pdf/legisla%C3%A7%C3%A3o/Lei%208666Consolidada.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2014.
- _____. **Lei Federal nº 12.462, de 15 de dezembro de 2011**. Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm>. Acesso em: 12 abr. 2014.
- BRASIL, Paula. **Diretrizes para um modelo de gerenciamento do processo do projeto de edificações sustentáveis**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2010.
- CARVALHO, José Carlos. **Meio Ambiente no Século 21**. Vocação democrática da gestão ambiental brasileira e o papel do Poder Executivo. São Paulo: Editora Autores Associados, 5ª ed., p. 269, 2008
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A3P- Agenda Ambiental na Administração Pública**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/cartilha_a3p_36.pdf>. Acesso em 18 abril.2014
- OLIVEIRA, O.J.; MELHADO, S. B. **O papel do projeto em empreendimentos públicos: Dificuldades e possibilidades em relação à qualidade**. São Paulo: PUC: SP, 2001, p. 2
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Obras com recomendação de paralisação ou retenção cautelar (IG-P ou IG-R)**. Brasília: 2010. Disponível em: <<http://portal2.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/comunidades/obras>>. Acesso em: 16 jun. 2013.
- UK SUSTAINABLE PROCUREMENT TASK FORCE. **Procuring the future**. Junho de 2006, elaborado pela Força-Tarefa Britânica para Compras Públicas Sustentáveis

IMPACTO DA MUDANÇA DE COBERTURA VEGETAL NA SIMULAÇÃO DE EVENTO METEOROLÓGICO EXTREMO SOBRE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO MATO GROSSO DO SUL

THE IMPACT OF LAND COVER CHANGE ON EXTREME METEOROLOGICAL EVENT SIMULATION OVER TRANSMISSION LINES IN THE STATE OF MATO GROSSO DO SUL

Mônica Carneiro Alves Senna

Doutora em Meteorologia Agrícola. Departamento de Análise Geoambiental, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ. monicasenna@id.uff.br

Gutemberg Borges França

Doutor em Sensoriamento Remoto da Atmosfera. Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. gutemberg@lma.ufrj.br

Renato Gonçalves dos Santos

Meteorologista. Centro de Operações da Prefeitura do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. renato@lma.ufrj.br

Célia Maria Paiva

Doutora em Ciências Atmosféricas em Engenharia. Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. celia@lma.ufrj.br

Audálio Rebelo Torres Jr

Doutor em Engenharia Oceânica. Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. audalio@lamma.ufrj.br

Igor Balteiro Pereira de Campos

Graduando em Meteorologia. Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ.

igor@lma.ufrj.br

RESUMO

Neste trabalho são investigadas as condições atmosféricas no entorno de linhas de transmissão através de simulações de um evento meteorológico extremo, considerando diferentes cenários de cobertura vegetal. Foi utilizado o modelo atmosférico de mesoescala MM5. A simulação controle conseguiu capturar o sistema convectivo com uma boa precisão espaço-temporal, mas subestimou a magnitude do vento. A simulação que substituiu o cerrado por agricultura não-irrigada e pastagem não capturou o sistema convectivo devido às retroalimentações do albedo e da disponibilidade hídrica na circulação atmosférica. Já na simulação que substituiu o mosaico de agricultura e arbustos por agricultura não-irrigada e pastagem, a circulação atmosférica simulada foi alterada devido às retroalimentações da rugosidade do solo, aumentando a velocidade do deslocamento do sistema convectivo sobre a região. O sucesso da previsão de eventos extremos depende da contínua melhoria na previsão em mesoescala e da rede meteorológica observacional, além da utilização de uma cobertura vegetal realística.

Palavras-Chave: modelagem atmosférica; eventos extremos; linhas de transmissão; interação atmosfera-biosfera

ABSTRACT

This paper evaluates the atmospheric conditions over transmission lines in simulations of an extreme meteorological event, considering different land cover scenarios. We used the mesoscale atmospheric model MM5. Although control simulation captured the convective system with a good spatio-temporal precision, it underestimated wind magnitude. The simulation that replaced cerrado for non-irrigated agriculture and pasture did not capture the system due to albedo and moisture availability feedbacks in the atmospheric circulation. In the simulation that replaced the mosaic of agriculture and shrubs for non-irrigated agriculture and pasture, the atmospheric circulation was altered due to soil roughness feedback, which increases the speed of the convective system propagation over the region. The success of extreme events forecast depends on constant improvements in the mesoscale forecast and in the meteorological observation density, as well the use of a realistic vegetation cover.

Keywords: atmospheric modeling; extreme events; transmission lines; atmosphere-biosphere interaction

INTRODUÇÃO

O ambiente competitivo atual do setor elétrico brasileiro tem resultado na preocupação cada vez maior com o desempenho eletromecânico e com a segurança das Linhas de Transmissão (LTs). Para a instalação, controle e manutenção das LTs é essencial o conhecimento das condições ambientais, particularmente das condições atmosféricas e das condições da superfície, como a topografia e a cobertura vegetal.

Eventos meteorológicos extremos como rajadas de vento, granizos e até mesmo tornados são relativamente raros em comparação com outros sistemas meteorológicos (como chuvas frontais, por exemplo), entretanto, representam uma ameaça potencial para a transmissão e distribuição de energia elétrica, com diversos registros de quedas de torres de LTs (Soares et al., 2007). Portanto, mesmo sendo relativamente raros é importante o estudo desses fenômenos para que seja possível identificar, com antecedência de várias horas, condições favoráveis à formação dos mesmos. Esse tipo de alerta anteciparia a adoção de estratégias de manutenção preventiva e corretiva, para eliminar ou minimizar o impacto negativo desses fenômenos meteorológicos (Nascimento, 2005).

O estado do Mato Grosso do Sul é afetado pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, tais como frentes frias que durante o inverno causam o declínio da temperatura à superfície e a ocorrência de precipitação (Climanálise, 1986). Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala, também são responsáveis por eventos extremos (Cavalcanti, 1982). Durante o verão, a alta da Bolívia – extensa faixa de circulação anticiclônica na alta troposfera da parte central da América do Sul – gerada a partir do forte aquecimento convectivo (liberação de calor latente) da atmosfera, é considerada como um sistema típico semi-estacionário da região (Virgi, 1981). Ainda nessa época do ano, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos principais fenômenos que influenciam no regime de chuvas no estado (Nobre, 1988).

Além disso, a atmosfera responde a trocas de energia, água e momentum com a superfície terrestre. Qualquer mudança nesses fluxos de superfície pode afetar fortemente a termodinâmica e a circulação atmosférica. Modificações na cobertura vegetal afetam os fluxos de superfície de diferentes formas. Primeiramente, ocorrem mudanças no albedo da superfície; em seguida, há mudanças no balanço de energia e na temperatura superficial. Isso afeta a forma como a superfície se resfria, pois, altera o balanço entre a perda de calor sensível (resfriamento de uma superfície aquecida através do vento) e a perda de calor latente (resfriamento através da evapotranspiração). Finalmente, a altura e a densidade da vegetação afetam a rugosidade da superfície, que por sua vez altera a mistura do ar (turbulência) próximo ao chão. Mudanças no albedo, rugosidade da superfície e na razão entre calor sensível e latente afetam os fluxos superficiais e, conseqüentemente, podem modificar a circulação atmosférica (Foley et al., 2003; Senna et al., 2009).

Uma importante ferramenta para o estudo das complexidades da superfície sobre o escoamento atmosférico são os modelos meteorológicos de mesoescala, que possuem resoluções espaciais maiores que os modelos globais e parametrizações físicas avançadas. A aplicação dos modelos de mesoescala, principalmente por meio de estudos de casos ou testes de sensibilidade, proporcionam importantes informações físicas sobre eventos meteorológicos extremos (Costa, 2006; Bustamente e Chou, 2006; Selucchi et al., 2011). Pesquisas sobre o impacto das variáveis ambientais sobre o desempenho e segurança de LTs mostram que a magnitude do vento é a variável de maior importância, e sua modelagem possibilita comprovar se os projetos de LTs aéreas estão adequados para as condições ambientais para as quais foram concebidos (Nascimento et al., 2005; Moreira et al., 2006). Nascimento et al. (2005) utilizaram um modelo de turbulência, pertencente à classe de modelo de mesoescala, para analisar a distribuição da velocidade do vento em regiões vizinhas a uma LT em Minas Gerais, e esse modelo foi capaz de reproduzir os valores experimentais dos campos de velocidade do vento com incertezas relativamente baixas, mas com um elevado custo computacional. Moreira et al. (2006) utilizaram o mesmo modelo para uma topografia de Belo Horizonte próximo à uma LT, e obtiveram um erro de 11,76% na simulação da magnitude do vento em um ponto específico, resultado considerado aceitável pelos autores.

Dentro deste contexto, considerando a importância da modelagem de variáveis ambientais no entorno de LTs, a finalidade deste artigo é investigar o impacto das mudanças de cobertura vegetal na simulação atmosférica em alta resolução espacial da temperatura do ar, precipitação e magnitude do vento de um evento extremo ocorrido no dia 07 de agosto de 2008 no Mato Grosso do Sul. Esse evento causou quedas e avarias de alguns trechos das duas LTs de 230 kV da Porto Primavera Transmissora de Energia (PPTe) (PPTe, comunicação pessoal, agosto de 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa aborda a área referente às LTs Porto Primavera - Dourados (com extensão de 216 km) e Porto Primavera - Imbirussú (com extensão de 290 km), que engloba os municípios de Dourados, Fátima do Sul, Glória dos Dourados, Ivinhema, Taquarussu, Batayporã, Campo Grande, Nova Alvorada do Sul e Nova Andradina, localizados no estado do Mato Grosso do Sul, como ilustra a Figura 1. Devido à sua localização latitudinal, o Mato Grosso do Sul caracteriza-se por ser uma região de transição entre os

climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. A vegetação de cerrado (savana) recobre 65% do estado, e a região no entorno das LTs encontra-se principalmente sobre esse tipo de vegetação. Em áreas de planície aluvial ocorre o chamado complexo Pantanal, formado por uma combinação de cerrados, campos e florestas decíduas. Já ao sul do estado encontram-se florestas semidecíduas (Nogueira, 2007).

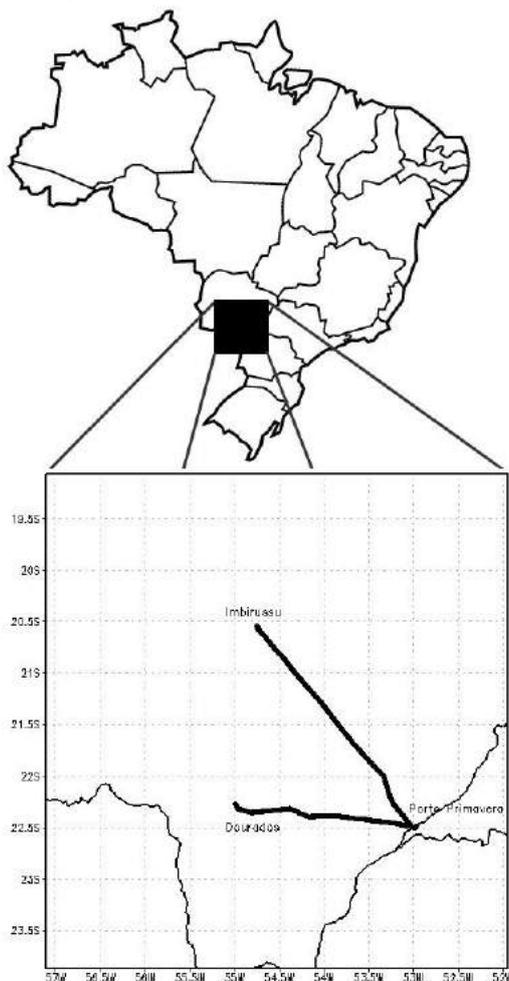


Figura 1- Localização das linhas de transmissão Porto Primavera – Dourados e Porto Primavera – Imbirussú (linhas cheias).

Para investigar o fenômeno atmosférico responsável pelo evento extremo ocorrido no dia 07/08/2008 e o papel que diferentes coberturas vegetais teriam nesse evento, foram realizadas simulações numéricas da atmosfera com o modelo de mesoescala MM5. Este modelo foi desenvolvido pela *Pennsylvania State University* em conjunto com o *National Center for Atmospheric Research (NCAR)* (Anthes e Warner, 1978). Foram definidas quatro grades aninhadas com os seguintes domínios: a) Grade 1 totalizando 23 pontos

longitudinais e 23 pontos latitudinais, com uma resolução espacial de 81 km; b) Grade 2 totalizando 36 pontos longitudinais e 36 pontos latitudinais, com uma resolução espacial de 27 km; c) Grade 3 totalizando 75 pontos longitudinais e 75 pontos latitudinais, com uma resolução espacial de 9 km; e d) Grade 4 totalizando 192 pontos longitudinais e 192 pontos latitudinais, com uma resolução espacial de 3 km. Uma representação do domínio dessas grades é ilustrada na Figura 2.

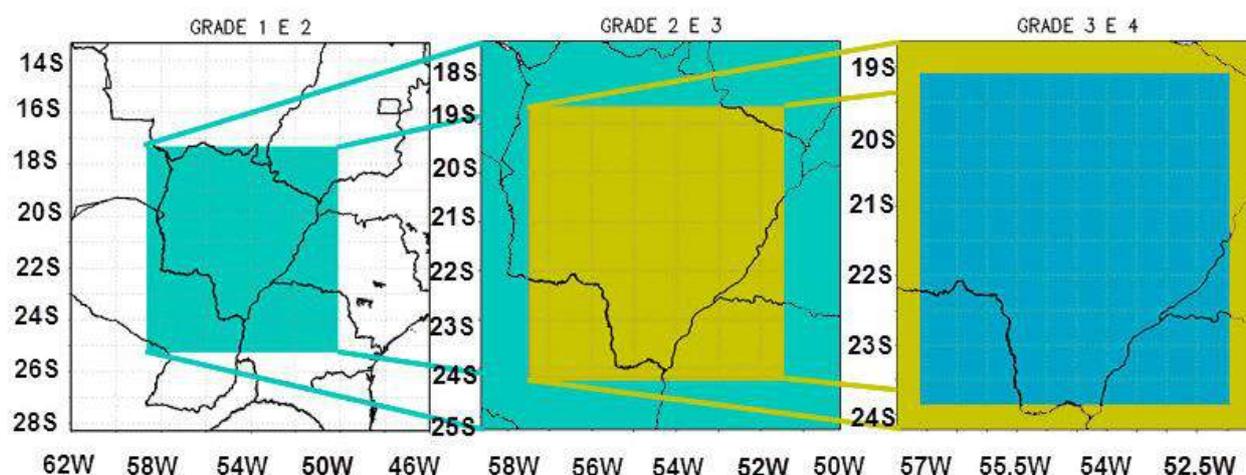


Figura 2 – Domínio das grades aninhadas definidas no MM5

Em todos os domínios foram utilizados dados de topografia e uso do solo do *United States Geological Survey (USGS)*. Para a inicialização do modelo foram obtidos dados meteorológicos de análise, oriundos do modelo global AVN, também conhecido como GFS – *Global Forecast System Model* do *National Centers for Environment Prediction (NCEP)*, com uma resolução espacial de 1°, resolução temporal de 6 horas, e para o período de 6 a 8 de agosto de 2008. O GFS é inicializado através de uma base de dados composta por observações de superfície e altitude recolhidas globalmente.

Diversos processos físicos, cruciais para o realismo da previsão, não podem ser explicitamente modelados. Isso ocorre por que alguns processos físicos não são suficientemente conhecidos, ou por não se dispor de dados

Após a escolha do conjunto ideal de parametrizações, foram realizadas três simulações para o evento extremo do dia 07/08/2008 considerando diferentes cenários de cobertura do solo. A primeira simulação (**controle**) considerou o uso do solo padrão do MM5, oriundo do USGS, que pode ser visto na Figura 3. A segunda simulação (**veg1**) substituiu o cerrado por agricultura não-irrigada e pastagem, e a terceira simulação (**veg2**) substituiu o mosaico de agricultura e arbustos por agricultura não-irrigada e pastagem,

apropriados, ou ainda, por falta de computadores suficientemente poderosos. Como alternativa, adota-se a emulação dos efeitos desses processos (parametrização), incluindo a física nos modelos de forma implícita, ou seja, os esquemas de parametrização inferem os efeitos dos processos que ocorrem na escala subgrade (processos de superfície, camada limite, convecção, microfísica de nuvens e radiação), com informações disponíveis somente na escala da grade. O modelo MM5 incorpora várias parametrizações físicas da subescala, que representam a maneira como a atmosfera, o solo e a interação dos processos físicos de tudo o que existe entre eles será simulada. Descrições mais detalhadas das parametrizações disponíveis podem ser encontradas em Dudhia (1992), Grell et al. (1994) ou Dudhia et al. (2003).

em toda a grade considerada. Essas modificações foram feitas de modo a simular possíveis comportamentos futuros do uso do solo na região de estudo, onde ecossistemas naturais (cerrado) ou que possuem uma parte de vegetação nativa (agricultura + arbustos) são substituídos pela atividade agropecuária (agricultura + pastagem) que já ocupa boa parte da região de estudo como ilustra a Figura 3. Com as simulações veg1 e veg2 é possível investigar os mecanismos de retroalimentação entre a superfície e a atmosfera, e verificar o quanto esses mecanismos são capazes de alterar as simulações de eventos extremos.

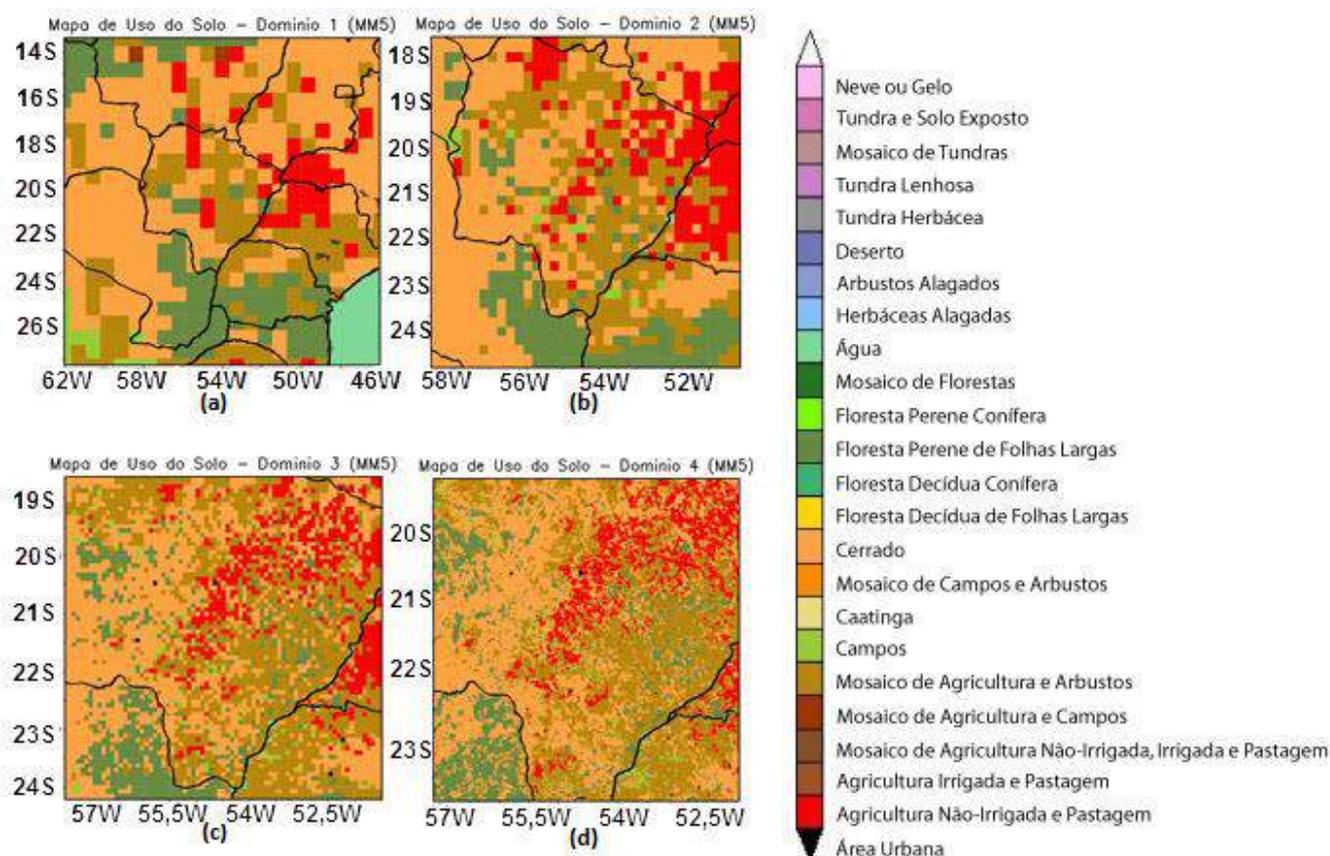


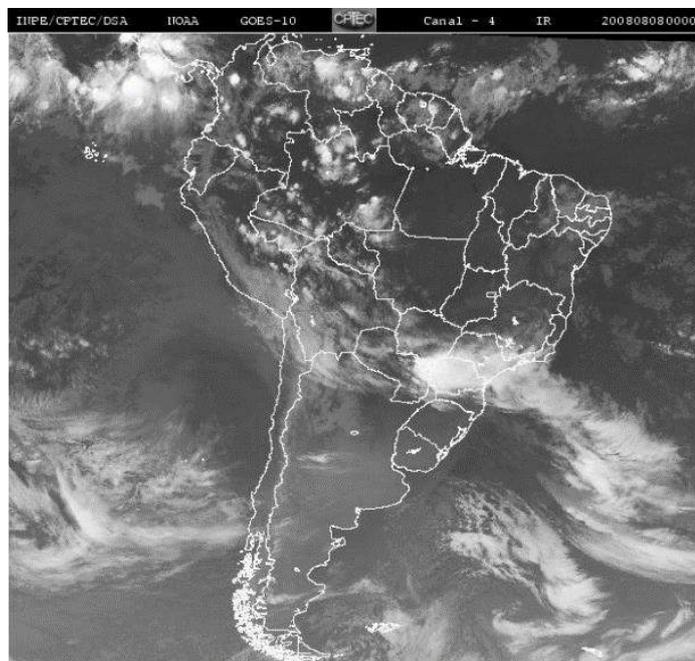
Figura 3 – Mapa de cobertura vegetal para o domínio (a) 1, (b) 2, (c) 3 e (d) 4, utilizado para a simulação controle no MM5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

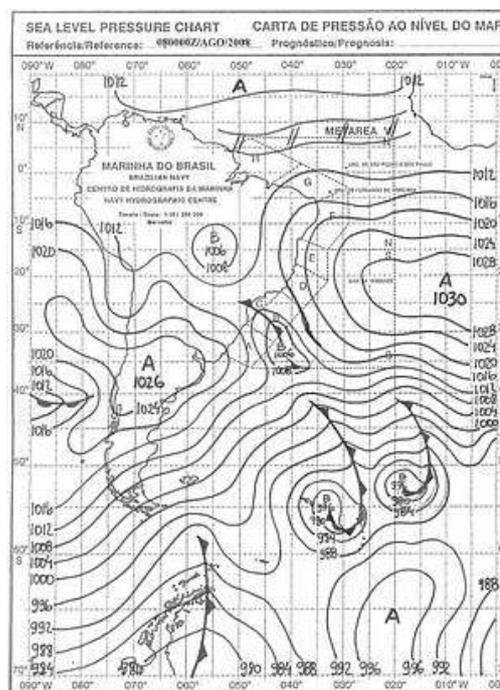
Análise sinótica do caso selecionado

No dia 06/08/08 às 12Z, dois sistemas frontais atuavam sobre a América do Sul, um deles estava localizado próximo ao litoral paulista e o outro atuava no litoral da Argentina. No dia 07/08/08 às 00Z, a frente fria que estava mais ao norte deslocou-se para leste em direção ao Oceano Atlântico, porém mantendo um centro de baixa pressão relativa entre a região sul e sudeste. Já a segunda frente fria teve um deslocamento de nordeste aproximando-se do sul do Brasil. No mesmo dia às 12Z ocorreu um alinhamento da segunda frente fria com o centro de baixa pressão, gerando uma extensa área de instabilidade. As rajadas de vento que

acarretaram na queda de torres de LTs, no horário aproximado de 20Z, ocorreram devido a essa instabilidade gerada pelo acoplamento da frente fria com o centro de baixa pressão. No dia 08/08/08 às 00Z, o sistema frontal continuou tendo uma forte atuação na região centro-oeste, sul e sudeste do Brasil (Figura 4). A imagem de satélite e a carta sinótica foram obtidas através dos bancos de dados da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do INPE (DSA, 2015) e do Serviço Meteorológico Marinho (SMM) do Centro de Hidrografia da Marinha (SMM, 2015), respectivamente.



(a)



(b)

Figura 4 – (a) Imagem do satélite meteorológico GOES-10 (canal infravermelho) e (b) carta sinótica de superfície, para o horário das 00Z do dia 08/08/2008.

Escolha do conjunto de parametrizações

Para ajustar o modelo MM5 com um conjunto de parametrizações físicas mais indicado para a simulação das condições atmosféricas na vizinhança e ao longo do traçado das LTs, foram feitas três simulações distintas (Config0, Config1 e Config2) do evento meteorológico extremo ocorrido em 07/08/08, que causou quedas e avarias às LTs da PPTE. Cada simulação teve um período de integração de 66 horas durante o mês de agosto (de 06/08/08 às 00Z até 08/08/08 às 18Z).

Os eventos meteorológicos extremos são relacionados teoricamente com todas as parametrizações presentes num modelo numérico. No entanto, foram selecionadas as parametrizações de camada limite e de *cumulus* como objeto de estudo visto que elas são muito importantes para a ocorrência de rajadas de vento. As demais parametrizações foram semelhantes para todas as simulações (e para todos os domínios), sendo: microfísica de nuvens – Simple Ice, Radiação – Cloud Radiation, e Solo – Five Layer Soil Model. As combinações de parametrizações de *cumulus* e de camada limite estão ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Parametrizações utilizadas nas simulações. D1, D2, D3 e D4 representam os domínios 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Simulações / Domínios		Parametrizações Físicas	
		Cumulus	Camada Limite
Config0	D1	Grell	MRF PBL
	D2	Grell	MRF PBL
	D3	Nenhuma	MRF PBL
	D4	Nenhuma	MRF PBL
Config1	D1	Betts-Miller	ETA PBL
	D2	Betts-Miller	ETA PBL
	D3	Betts-Miller	ETA PBL
	D4	Grell	ETA PBL
Config2	D1	Betts-Miller	MRF PBL
	D2	Betts-Miller	MRF PBL
	D3	Betts-Miller	MRF PBL
	D4	Grell	MRF PBL

Foram analisados os resultados de temperatura do ar a 2 m, pressão atmosférica ao nível do mar e magnitude do vento a 10 m simulados sobre o Aeroporto de Campo Grande, devido à disponibilidade de dados de METAR observados a cada hora para as mesmas variáveis, possibilitando assim uma avaliação estatística. Devido ao formato do código METAR, as variáveis estudadas são obtidas apenas com valores inteiros, gerando incertezas associadas a essas medidas. Para avaliar o grau de ajuste entre os dados observados e os simulados, foram quantificados os erros através das medidas do Viés (Bias Error - BE) e da Raiz do Erro Quadrático Médio (Root Mean Squared Error - RMSE). O BE quantifica a tendência do modelo de superestimar ou subestimar uma variável. Já o RMSE mede a variação dos valores estimados ao redor dos valores medidos, avaliando apenas a ordem de grandeza dos erros. Assim, um erro grande é ressaltado em relação a erros menores. O ideal seria que os valores de BE e de RMSE fossem o mais próximo de zero (Wilks, 2006).

Na análise do BE e do RMSE das simulações para o evento considerado (Figura 5), nota-se que de uma maneira geral ocorre uma diminuição do BE e do RMSE no domínio 4, e que em ambos os domínios a simulação com os menores erros para a maioria das variáveis é a Config1. O RMSE médio da simulação Config1 é 2,49, e o RMSE das simulações Config0 e Config2 é 2,61 e 2,69, respectivamente. Portanto, a melhor configuração das parametrizações físicas na caracterização do evento foi: microfísica de nuvens – **Simple Ice** (domínios 1 a 4), Radiação – **Cloud Radiation** (domínios 1 a 4), Solo – **Five Layer Soil Model** (domínios 1 a 4), Camada Limite – **ETA PBL** (domínios 1 a 4), e Cumulus – **Betts-Miller** (domínios 1 a 3) e **Grell** (domínio 4). É importante ressaltar que para se estimar com maior realismo a magnitude do vento e outras variáveis, além de uma configuração ideal de parametrizações para a região de interesse, também é necessária uma rede maior de dados observados para serem utilizados na inicialização do modelo e na avaliação estatística, permitindo um aprimoramento contínuo das previsões numéricas (Santos et al. 2010).

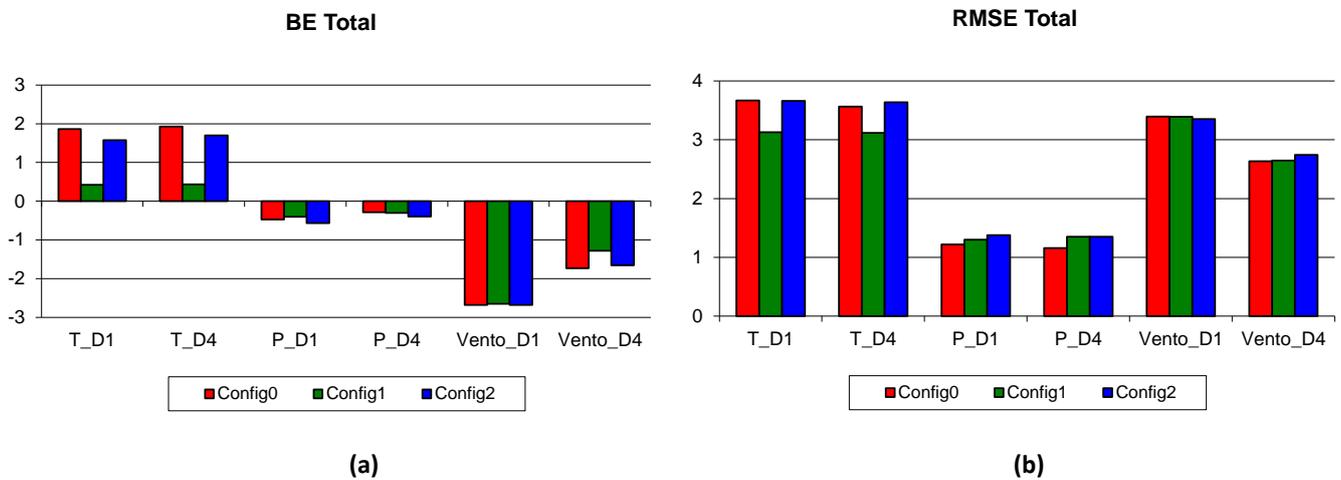


Figura 5 – BE e RMSE Total das variáveis simuladas nas grades de 81 km e de 3 km de resolução (D1 e D4, respectivamente) durante o período de simulação do evento (de 06 a 08 de agosto). T, P, Vento representam a temperatura do ar a 2m, pressão atmosférica ao nível do mar, e a magnitude do vento a 10m, respectivamente. Adaptado de Santos et al. (2010).

Análise espacial das simulações

As Figuras 6a, 6b e 6c ilustram os campos de temperatura do ar, magnitude do vento e precipitação, respectivamente, para a simulação controle às 20Z do dia 07/08/2008. A simulação mostrou o padrão sinótico previamente esperado durante a entrada e passagem de um sistema frontal, pois simulou a queda de temperatura e a subsequente invasão da massa de ar polar que atinge a LT Porto Primavera – Dourados (Figura 6a). Na superfície frontal, o ar frio e denso força o ar quente a subir e se condensar em uma série de nuvens *cumulonimbus*, que produzem forte precipitação com rajadas de vento. Esse aumento na magnitude do vento, em $m\ s^{-1}$, pode ser verificado na Figura 6b, com núcleos de cerca de $10\ m\ s^{-1}$ sobre a LT. A velocidade do vento foi adequadamente simulada em relação ao seu comportamento espaço-temporal, visto que às 20Z foi o horário da queda e avaria de estruturas na LT Porto Primavera – Dourados. Entretanto, a intensidade simulada está subestimada, pois velocidades de cerca de $10\ m\ s^{-1}$ ($36\ km\ h^{-1}$) não seriam suficientes para gerar tais danos. O campo simulado de precipitação (Figura 6c), em $mm\ h^{-1}$, às 20Z, segue o mesmo comportamento da temperatura do ar e da magnitude do vento e está coerente espacialmente e temporalmente com o ocorrido. A maior intensidade da precipitação sobre a LT Porto Primavera – Dourados ocorre às 20Z, com núcleos acima de $40\ mm\ h^{-1}$.

Os campos de temperatura do ar, magnitude do vento e precipitação para a simulação veg1 são mostrados nas Figuras 6d, 6e e 6f, respectivamente. Para a maior parte da região de estudo (cerca de 78%), o campo de temperatura do ar possui valores inferiores aos obtidos pela simulação controle (Figura 6d). Isso ocorre devido a dois mecanismos principais: o tipo de vegetação agricultura não-irrigada e pastagem que substituiu o cerrado possui um maior albedo (23% ao invés de 20% no caso de controle) e uma maior disponibilidade hídrica (60%, antes era 15%). A disponibilidade hídrica é um parâmetro que representa os efeitos da resistência estomatal, da resistência aerodinâmica e da umidade do solo para o cálculo da taxa de evaporação pelo modelo MM5 (Dudhia et al., 2003). O aumento do albedo resfria a superfície, pois reduz a quantidade de radiação solar absorvida. Isto somado a uma maior disponibilidade de umidade resfria ainda mais a superfície, pois aumenta a evapotranspiração. O aumento da evapotranspiração (fluxo de calor latente) causa uma diminuição do fluxo de calor sensível para a atmosfera, e da energia disponível para processos convectivos. Além disso, com o menor fluxo de calor sensível, ocorre um resfriamento da coluna atmosférica. Para manter o equilíbrio térmico, o resfriamento atmosférico é compensado por um aquecimento adiabático devido a um movimento subsidente, inibindo a precipitação (Charney, 1975; Eltahir,

1996). Esse comportamento provavelmente bloqueou a entrada da massa de ar polar na região de estudo. Nesta simulação, não houve um aumento da magnitude do vento simulada sobre as LTs em nenhum horário, visto que esse aumento da magnitude acompanhava o deslocamento da frente fria (na simulação controle), e a frente fria não foi simulada na simulação veg1 (Figura 6e). Pelo mesmo motivo também não foi simulada a faixa de precipitação que acompanhava a frente fria (Figura 6f). Concluindo, a frente fria, as rajadas de vento e a precipitação intensa ocorridas no dia 07/08/2008 provavelmente não ocorreriam na região de estudo se toda a extensão do cerrado fosse substituída pela agropecuária.

As Figuras 6g, 6h e 6i apresentam os campos da temperatura do ar, magnitude do vento e precipitação para a simulação veg2 às 20Z do dia 07/08/2008. As anomalias dessas variáveis são ilustradas nas Figuras 6j, 6k e 6l. A anomalia é o valor obtido pela simulação veg2 menos o valor obtido pela simulação controle. A simulação veg2 conseguiu capturar a queda de temperatura devido à entrada da frente fria e a subsequente invasão da massa de ar polar. Porém, a frente fria teve um deslocamento mais adiantado em relação à simulação controle (Figura 6g). Tal fato pode ser visto no campo de anomalia (Figura 6j), onde os valores negativos abaixo de -3°C situam-se exatamente no local da frente fria simulada por veg2, ou seja, nesses locais as temperaturas na simulação veg2 são menores do que na simulação controle. Esse comportamento ocorre porque o tipo de vegetação agricultura não-irrigada e pastagem que substituiu o mosaico de agricultura e arbustos possui uma rugosidade superficial menor (5 cm, antes era 20 cm). Com a menor rugosidade, o processo de remoção de momento é enfraquecido, aumentando a velocidade do escoamento atmosférico e conseqüentemente o deslocamento da frente fria.

A Figura 6k corrobora a discussão anterior, pois a anomalia de magnitude do vento é positiva ao longo da frente fria, e a faixa com as maiores magnitudes atinge a LT Porto Primavera – Dourados com 1 hora de antecedência em relação à simulação controle. Entretanto, em relação à precipitação não é possível destacar um comportamento bem definido, pois existem alguns núcleos com anomalia negativa e outros com anomalia positiva (Figura 6l). E a maior intensidade da precipitação sobre a LT Porto Primavera – Dourados ocorre também às 20Z, com núcleos acima de 40 mm h^{-1} .

Convém salientar que esses resultados são preliminares, pois são necessários mais estudos e medidas de campo na região para confirmar se os valores de albedo, disponibilidade hídrica e rugosidade da superfície são coerentes com os valores utilizados no modelo MM5. Apesar da sofisticação e confiabilidade dos modelos numéricos, existem alguns processos que ocorrem em escala molecular como condensação, evaporação etc., que não podem ser resolvidos explicitamente, necessitando de parametrizações. É evidente que o sucesso da previsão de eventos extremos depende da contínua melhoria na previsão em mesoescala. Isso incluiu melhorias nos códigos fontes, testes de sensibilidade das diversas parametrizações e o uso de grades mais refinadas, interferindo diretamente na capacidade computacional requerida. Cabe ainda ressaltar a necessidade em melhorar a rede observacional, pois essa possui uma importância crucial na inicialização dos modelos de previsão, além da utilização de uma cobertura vegetal realística, devido às interações entre os ecossistemas e a circulação atmosférica (Nascimento, 2005; Costa, 2006; Bustamente e Chou, 2006; Selucchi et al., 2011).

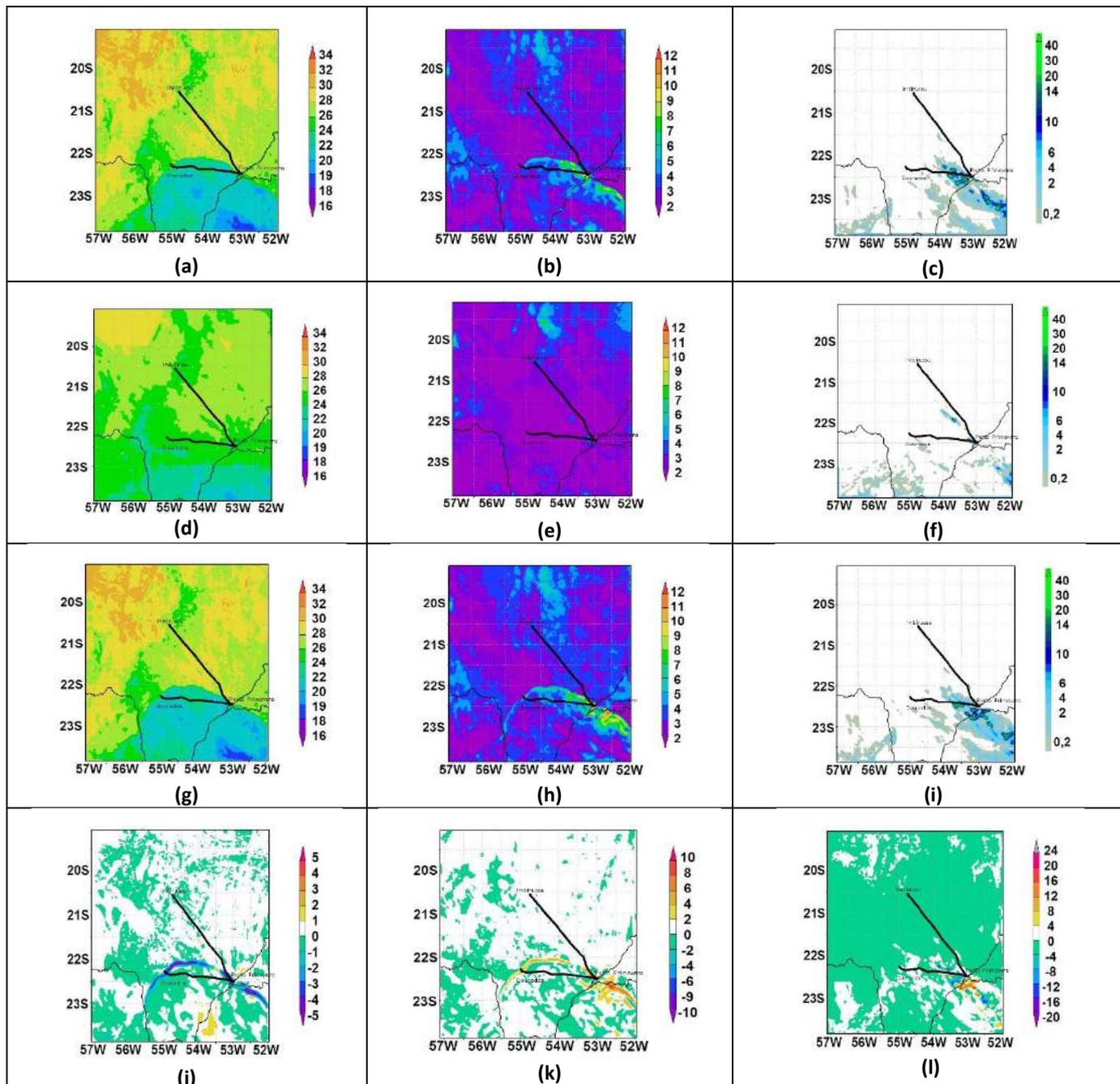


Figura 6 – (a) Temperatura do ar ($^{\circ}C$), (b) magnitude do vento ($m s^{-1}$) e (c) precipitação ($mm h^{-1}$) da simulação controle. (d) Temperatura do ar ($^{\circ}C$), (e) magnitude do vento ($m s^{-1}$) e (f) precipitação ($mm h^{-1}$) da simulação veg1. (g) Temperatura do ar ($^{\circ}C$), (h) magnitude do vento ($m s^{-1}$) e (i) precipitação ($mm h^{-1}$) da simulação veg2. Anomalias da (j) Temperatura do ar ($^{\circ}C$), (k) magnitude do vento ($m s^{-1}$) e (l) precipitação ($mm h^{-1}$) da simulação veg2. Todos os campos são referentes ao domínio 4, para o dia 07/08/2008, às 20Z.

CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, o desempenho do modelo de mesoescala MM5 é avaliado sob diferentes cenários de cobertura vegetal para um caso de evento meteorológico extremo que causou avarias em LTs no Mato Grosso do Sul. Este experimento considera uma cobertura vegetal padrão (simulação controle), a substituição do cerrado por agricultura não-irrigada e pastagem (simulação veg1) e a substituição do mosaico de agricultura e arbustos por agricultura não-irrigada e pastagem (simulação veg2). O evento extremo considerado (07/08/2008) foi uma forte atividade convectiva associada à passagem de uma frente fria.

A simulação controle consegue capturar o padrão sinótico da temperatura do ar e da precipitação decorrentes da passagem deste sistema convectivo, mas subestima a magnitude do vento sobre as LTs. A simulação veg1 não captura o sistema convectivo devido às retroalimentações do albedo e da disponibilidade hídrica na circulação atmosférica, pois ambas as retroalimentações agem no sentido de resfriar a superfície e conseqüentemente o ar adjacente a ela. Esse comportamento também favorece a ocorrência de um movimento de subsidência na região,

contribuindo para o bloqueio da entrada do sistema frontal. Portanto, a substituição do cerrado pela agropecuária em toda a região pode modificar as circulações atmosféricas de modo a impedir o desenvolvimento do sistema convectivo causador de avarias sobre as LTs.

Já na simulação veg2 a circulação atmosférica simulada é alterada devido às retroalimentações da rugosidade do solo, que aumentam a velocidade do deslocamento do sistema convectivo sobre a região de estudo. Portanto, a substituição do mosaico de agricultura e arbustos pela agropecuária em toda a região pode modificar a dinâmica de circulação de modo a acelerar a entrada e passagem do sistema frontal que causou quedas de LTs.

Os resultados alcançados nesta pesquisa permitem concluir que o modelo de mesoescala MM5 capta de maneira geral os padrões sinóticos associados à passagem de sistemas frontais que podem provocar eventos meteorológicos potencialmente causadores de quedas de LTs. Além disso, o modelo constitui uma ferramenta potencial para avaliar cenários futuros de mudança de cobertura vegetal e seus impactos na dinâmica da circulação atmosférica.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à empresa PLENA Transmissoras pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico que deu origem a este artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTHES, R. A.; WARNER, T. T. Development of hydrodynamic models suitable for air pollution and other mesometeorological studies. **Monthly Weather Review**, 106, 1045-1078, 1978.
- BUSTAMANTE, J. F.; CHOU, S. C. Estudo da Previsibilidade de Eventos Extremos sobre a Serra do Mar utilizando Ensemble de Curto Prazo. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Florianópolis, 2006.
- CAVALCANTI, I. A. **Um estudo sobre as interações entre os sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**. São José dos Campos, INPE-2494-TDL/097, 1982.
- CHARNEY, J. G. Dynamics of deserts and droughts in Sahel. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, 101, 193-202, 1975.
- CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e análise climática. Número especial**. INPE / INMET, 1986.
- COSTA, S. R. **Avaliação do desempenho do modelo de mesoescala MM5 na simulação de eventos de precipitação extrema no Estado de Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 200p, 2006.
- DSA – Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais. **Banco de Dados de Imagens**. Disponível em: <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>>. Acesso em: 25 de setembro de 2015.
- DUDHIA, J. A nonhydrostatic version of the Penn State/NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cloud front. **Monthly Weather Review**, 21, 1493-1513, 1992.
- DUDHIA, J.; GILL, D.; GUO, Y.; MANNING, K.; WANG, W.; CHISZAR, J. **Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version 3**, PSU/NCAR, 2003.
- ELTAHIR, E. A. B. Role of vegetation in sustaining large-scale atmospheric circulations in the tropics. **Journal of Geophysical Research**, 101, no. D2: 4255-4267, 1996.
- FOLEY, J. A.; COSTA, M. H.; DELIRE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. **Frontier Ecological Environment**, 1 (1): 38-44, 2003.
- GRELL, G. A.; DUDHIA, J.; STAUFFER, D. R. **A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5)**. NCAR Technical Note, NCAR/TN-398+STR, 117 p, 1994.
- MOREIRA, G. A. A.; VALLE, R. M.; MARTINS, M. A.; NASCIMENTO, C. A. M. Estudo numérico do escoamento turbulento sobre terrenos complexos. In: 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering. **Anais...** Curitiba, 2006.
- NASCIMENTO, C. A. M.; PINTO, S. L. S.; VALLE, R. M.; MARTINS, M. A.; ABREU, J. A.; CHAGAS, W. F. Introdução ao estudo da camada limite atmosférica em projetos de linhas aéreas de transmissão. In: XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. **Anais...** Curitiba, 2005.
- NASCIMENTO, E. L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil? **Revista Brasileira de Meteorologia**, 20(1): 113-122, 2005.
- NOBRE, C. A. Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: a importância do Oceano Atlântico. **Climanálise**, 3, 30-33, 1988.
- NOGUEIRA, M. A. F. S. **O armazenamento de grãos nas regiões da Grande Dourados e sul-fronteira do Mato Grosso do Sul com o Paraguai: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Agronegócios), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 156 p, 2007.

SANTOS, R. G.; SENNA, M. C. A.; FRANÇA, G. B.; TORRES JR, A. R.; PAIVA, C. M. Ajustes do modelo de mesoescala MM5 para simulação numérica do campo de vento ao longo das linhas de transmissão 230 kv da PPTTE. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia (XVI CBMET). **Anais...** Belém, 2010.

SENN, M. C. A.; COSTA, M. H.; PIRES, G. F. Vegetation-atmosphere-soil nutrient feedbacks in the Amazon for different deforestation scenarios. **Journal of Geophysical Research**, 114 (D04104), doi:10.1029/2008JD010401, 2009.

SELUCHI, M. E.; CHOU, S. C.; GRAMANI, M. A case study of a winter heavy rainfall event over the Serra do Mar in Brazil. **Geofísica Internacional**, 50 (1), 41-56, 2011.

SMM – Serviço Meteorológico Marinho. **Cartas Sinóticas**. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>. Acesso em: 25 de setembro de 2015.

SOARES, F. G.; SILVA, P. R. R. L.; MELLO, R. C.; FERREIRA, S. J.; MARCÍLIO, L. E. Acidentes na LT 138kv C. S. PCH Paraíso/Chapadão do Sul: evidência de atuação de vento de alta intensidade. In: XIX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007.

VIRGI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud wins. **Monthly Weather Review**, 109, 549-610, 1981.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2nd Ed. Academic Press., 627 p., 2006.

USO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA PRIORIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MINIMIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS HORIZONTAIS

USE OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR PRIORITIZATION OF ALTERNATIVES FOR MINIMIZATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS IN GATED COMMUNITIES

Valkiria Nisgoski

Aluna do Programa de Mestrado e Doutorado em Gestão Ambiental da Universidade Positivo – Curitiba PR

val_mestrado@yahoo.com.br

Klaus Dieter Sautter

Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Gestão Ambiental da Universidade Positivo – Curitiba PR

ksautter@up.com.br

Julio Gomes

Julio Gomes Professor do Departamento de Hidraulica e Saneamento da UFPR – Curitiba PR

jgomes.dhs@ufpr.br

Marco Aurélio da Silva

Carvalho Filho

Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Gestão Ambiental da Universidade Positivo – Curitiba PR

RESUMO

As atividades de construção e utilização de condomínios residenciais podem ter um grande potencial poluidor, principalmente se abrigarem um grande número unidades habitacionais. Atualmente, não existe uma metodologia de identificação e priorização de alternativas de gestão minimizadoras desses impactos que sejam específicas para condomínios. Procurando-se identificar e estudar alternativas de gestão, optou-se por agrupá-las de acordo com os impactos ambientais correspondentes, desenvolvendo-se um formulário para verificação das mesmas em condomínios residenciais, horizontais e fechados. Para a tomada de decisão, desenvolveu-se um modelo que faz uso de um método de análise multicriterial, mais especificamente o Método de Análise Hierárquica (AHP). Para sua aplicação, estipularam-se critérios para atribuição de pesos que possibilitaram qualificar as alternativas de gestão. Dessa forma, pôde-se padronizar uma metodologia para avaliação qualitativa de impactos e passivos ambientais em condomínios residenciais, podendo, portanto, auxiliar na prevenção de sua ocorrência. Adotou-se, como área de estudo, a cidade de Curitiba e região metropolitana pelo grande número de condomínios horizontais. Os resultados obtidos mostraram a preferência por alternativas de gestão que priorizaram a concentração no armazenamento, na área de geração e na área de preparação de materiais a fim de se evitar a dispersão da contaminação e restringir a amplitude dos impactos ambientais sobre o solo, o ar e a água.

Palavras-chave: condomínios horizontais; impactos ambientais; análise hierárquica de processos

ABSTRACT

The construction of gated communities and activities developed in residential condominiums may have a great pollution potential, particularly if they accommodate a large number of houses. Currently, there is no methodology that can be used to identify and prioritize alternatives in order to minimize environmental impacts, which are specific to gated communities. In the pursuit of studying and thus, identifying management alternatives, corresponding environmental impacts were grouped accordingly. So, a checklist was developed for in loco verification of the management alternatives for gated communities. A model using a multi-criteria analysis method was developed for the decision-making- more specifically, the Analytic Hierarchy Process (AHP). Criteria for weight attribution were stipulated to allow ranking the management alternatives. Thus, it was standardized a methodology for qualitative assessment of environmental impacts in gated communities, helping prevent their occurrence. Curitiba and its metropolitan area were chosen as the study area due to the large number of existing gated communities. The results showed a preference for managing alternatives that prioritized the concentration in storage, generation and preparation area, as well as the building materials area, in order to avoid the dispersion of contamination and restrict the extension of environmental impacts on soil, air and water.

Keywords: gated communities; environmental impacts; analytic hierarchy process

INTRODUÇÃO

Os condomínios residenciais são caracterizados, segundo Dacanal (2004), por planos urbanísticos de uso residencial, fechados por excelência, resultantes da divisão de uma gleba em: unidades residenciais, áreas de circulação, áreas verdes e de lazer exclusivas à comunidade que nele habita. As áreas comuns internas são privadas e mantidas pelos moradores mediante o pagamento mensal de uma taxa condominial. Cada unidade residencial é uma fração ideal do terreno, ou seja, há uma divisão das áreas internas comuns proporcionalmente à área de cada unidade residencial. Condomínios residenciais são um processo urbano relativamente novo, que ganhou significância particularmente na última década (VESSELINOV, 2008). Low (2003) reforça que os condomínios residenciais são considerados como sendo áreas residenciais fechadas por muros, cercas ou algo que providencie uma barreira à entrada. O acesso é restrito não somente aos residentes, mas às ruas, calçadas e outros lugares do próprio condomínio (LOW, 2003). Dois aspectos precisam ser enfatizados: (1) a barreira física a entrada e (2) o acesso restrito a suas ruas. O acesso restrito a suas ruas e outras facilidades públicas, não típico de residências isoladas, e/ou outras formas de exclusão, como a segregação, exacerbam a privatização do espaço (VESSELINOV, 2008).

Desenvolvimentos residenciais privados, na forma de condomínios residenciais, estão surgindo mundo afora, tanto em áreas urbanas, quanto suburbanas, adotando diferentes modelos urbanos, tipologias e locações específicas (CRUZ; PINHO, 2009).

Podem existir diferentes motivações que levam as pessoas a morarem em condomínios residenciais fechados. Questões de segurança e a provisão de lares seguros para si mesmo e sua família são a motivação primária, que leva os residentes a escolherem condomínios residenciais fechados. Esta segurança se manifesta de vários modos, desde a presença física de muros, portões e guardas de segurança, até a segurança do estilo de vida utópico e idílico e a segurança privada, em contrapartida a um Estado tido como desinteressado no bem-estar dos residentes (LEMANSKI; OLDFIELD, 2009; SANCHEZ; LANG; DHAVALA, 2005; VESSELINOV, 2008). Entre outras motivações, aponta-se viver em um lugar com status, privacidade e potencial investimento (ATKINSON; BLANDY, 2005; CRUZ; PINHO, 2009). Porém, Pow (2009) cita que os portões e muros dos condomínios fechados sinalizam mais o prestígio e exclusividade do que a segurança aos seus moradores. Segundo Alvarez-Rivadulla (2007), mudar-se para um condomínio fechado parecer ser, primariamente, uma escolha do estilo de vida, melhorando a qualidade de vida da pessoa e da família, expressando os residentes a sua seleção de um local exclusivo e seguro para viver com certo estilo de vida e status (CRUZ; PINHO, 2009).

Apesar das motivações e benefícios que levam os residentes a escolher morar em condomínios residenciais, muito pouco se sabe dos impactos ambientais causados pela implantação desses projetos. Segundo Landman (2007), há um consumo exagerado de recursos naturais (área e água) em condomínios fechados. Kuppinger (2004) coloca que, utilizando-se do exemplo da criação de condomínios fechados em Cairo, no Egito, os desenvolvedores de condomínios não levam em conta as questões ambientais na construção desses, como, por exemplo, a água.

Os impactos ambientais em condomínios residenciais a serem prevenidos podem ser observados em três situações: a primeira, na construção da infraestrutura do empreendimento; a segunda, na edificação das residências; e a terceira, no decurso da sua utilização.

O objetivo deste estudo foi o de criar uma metodologia, com base na Análise Hierárquica de Processos (AHP), para tomada de decisão na escolha de alternativas de gestão, visando à minimização de impactos ambientais nas etapas de implantação, construção e utilização de condomínios residenciais horizontais fechados, tendo, por área de estudo, a cidade de Curitiba e sua região metropolitana.

METODOLOGIA

Área de estudo

Definiu-se a área de estudo, concentrada em condomínios residenciais horizontais fechados, de alto e médio padrão, tomando-se por base de dados a cidade de Curitiba e sua região metropolitana. Foram selecionados para a pesquisa três condomínios residenciais, horizontais, fechados, de alto e médio padrão descritos resumidamente a seguir:

- a) Condomínio 1: possui uma área de 70.000 m², dos quais 35.000 m² foram destinados para as áreas construídas. O percentual de área verde por residência é de 51 m², perfazendo os 20% exigidos por lei para compor a reserva legal do empreendimento. O terreno possui dois grandes capões de vegetação nativa com vários espécimes de pinheiro *Araucaria angustifolia*. Esse condomínio está localizado na região metropolitana de Curitiba e foi escolhido por apresentar uma infraestrutura quase pronta e com algumas benfeitorias em fase de conclusão;
- b) Condomínio 2: possui 41 lotes com área média de 296m². A incorporadora não forneceu os dados de área total. O empreendimento não possuía uma área verde durante a etapa de implantação, sendo que os 20% exigidos por lei para compor a reserva legal do empreendimento foram remanejados em outro terreno da incorporadora, por meio da prática de permuta de reserva. Esse condomínio está localizado no bairro Xaxim e foi escolhido por apresentar uma infraestrutura quase pronta e com algumas benfeitorias em fase de conclusão;
- c) Condomínio 3: possui área de 34.000 m², dos quais 17.400 m² serão destinados a áreas construídas. A área verde de preservação permanente será de 11.000 m² e 5.600 m² serão destinadas às áreas de lazer e recreação. A área de 11.000 m² corresponde a 32,35% de área de preservação, excedendo os 20% exigidos por lei para compor a reserva legal do empreendimento e complementam a permuta de reserva de outro empreendimento da incorporadora. O terreno possui áreas de vegetação nativa, com vários espécimes de árvores com características centenárias. Está localizado no bairro São Braz e foi escolhido por apresentar uma infraestrutura de condomínio pronta, algumas residências prontas e em uso e outras residências em fase de conclusão.

Análise hierárquica de processos

Diferentes métodos de análise multicriterial foram desenvolvidos nos anos de 1960, com a intenção de minimizar os impactos ambientais da sociedade humana (ZAVADSKAS et al., 2009). Esses métodos de análise multicriterial podem ser considerados ferramentas muito importantes para a solução de muitos tipos de problemas (HWANG; YOON, 1981; FIGUEIRA et al., 2005; GINEVICIUS et al., 2008a, b; LIAUDANSKIENE et al., 2009; ZAVADSKAS et al., 2008). Entre os métodos desenvolvidos está a AHP (Análise Hierárquica de Processos) (SAATY, 1991). O método AHP pode ser considerado um instrumento poderoso, considerando-se problemas complexos que envolvam

objetivos inter-relacionados (CHUANG, 2001). Os pesos dos critérios específicos são estabelecidos por um ranking de importância e adequação. O método AHP é composto por três diferentes etapas (SAATY; VARGAS, 2001), descritas a seguir.

A primeira etapa é a decomposição do problema de tomada de decisão em uma estrutura hierárquica. Uma hierarquia estrutural formada pelo problema de decisão consiste em diferentes níveis, critérios e subcritérios.

A segunda etapa é a criação de tabelas de decisão para cada nível da decomposição hierárquica. As matrizes capturam uma série de comparações entre pares,

utilizando dados relativos. A comparação pode ser feita usando-se uma escala de nove pontos ou dados reais, se estiverem disponíveis. (SAATY; VARGAS, 2001).

A escala de nove pontos inclui: [9, 8, 7, ..., 1/7, 1/8, 1/9], sendo que 9 significa extrema preferência, 7 significa preferência muito forte, 5 significa forte preferência, e assim por diante até 1 que significa sem preferência (Tabela 1). Essa comparação em pares permite uma avaliação independente da contribuição de cada fator, simplificando assim o processo de decisão (REZAEI-MOGHADDAM; KARAMI, 2008). As comparações em pares de vários critérios são organizadas em uma matriz quadrada. Os elementos da diagonal da matriz são iguais a 1. O autovalor

Modelo proposto

Atualmente não existe uma metodologia de identificação de impactos ambientais e de priorização de alternativas de gestão para minimização dos mesmos, aplicável aos modelos habitacionais estudados neste trabalho. São encontrados manuais de condomínios residenciais que apresentam sugestões para a economia de recursos, para a coleta seletiva e dão dicas de conservação. Entretanto,

principal e o autovetor normalizado, correspondentes diretos da matriz de comparação, dão a importância relativa dos critérios que estão sendo comparados. Os elementos do autovetor normalizado são pesados no que diz respeito aos critérios ou subcritérios e avaliados no que diz respeito às alternativas (BHUSHAN; RAI, 2004).

Na terceira etapa, a classificação de cada alternativa é multiplicada pelos pesos dos subcritérios e agregados para determinar as classificações locais com respeito a cada critério. As classificações locais são então multiplicadas pelos pesos dos critérios e agregadas para determinar avaliações globais (BHUSHAN; RAI, 2004).

nenhum deles é abrangente ou trata detalhadamente da questão dos impactos causados.

Nesta pesquisa foram consideradas as consequências decorrentes das atividades, rotinas e serviços desenvolvidos na implantação da infraestrutura, construção e uso de uma modalidade residencial, que possam caracterizar algum tipo de impacto ambiental, seja ele de conotação física, química ou biológica.

Tabela 1. Escala de Julgamento

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra.	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Uma atividade é muito fortemente favorecida. Sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe um dos valores acima, quando comparado com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	Uma designação razoável.
Racionais	Razões resultantes da escala.	Se a consistência tiver de ser forçada para obter n valores numéricos para completar a matriz

FONTE: SAATY (1991)

A metodologia consistiu, de forma simplificada, em:

- a) Verificar e identificar diretamente em amostras de condomínios, a possibilidade de ocorrência de impactos ambientais;
- b) Verificar e identificar em amostras de condomínios quais alternativas de gestão serão utilizadas para a minimização dos impactos;
- c) Montar as estruturas de tomada de decisão, de acordo com os impactos e as alternativas de gestão identificadas;
- d) Submeter as matrizes à avaliação do profissional da construção civil, para a avaliação das alternativas de minimização de impactos através dos critérios definidos para a atribuição de pesos;
- e) Calcular os autovetores das matrizes;
- f) Calcular a média ponderada dos autovetores das alternativas de gestão submetidas aos critérios;
- g) Analisar os dados;
- h) Apresentar e discutir os resultados.

A verificação e a identificação de impactos ambientais e de alternativas de gestão foram realizadas através de visitas aos condomínios, onde foram verificadas: as características da obra; a possibilidade de impactos e alternativas de gestão utilizadas. O procedimento adotado foi: agendar visita com responsável técnico ou síndico no condomínio residencial; conversar com o responsável técnico ou síndico no condomínio residencial e preencher um formulário; coletar dados sobre impactos ambientais (observações, dados técnicos, fotos); coletar dados sobre alternativas de gestão para minimização de impactos ambientais (observações, dados técnicos, fotos).

Após a coleta dos dados, foram montadas as estruturas de tomada de decisão, na forma de matrizes, comparando-se as alternativas de gestão entre si para nove grupos de impactos definidos, apresentados na Tabela 2. Esses nove grupos foram separados em três classes de impactos: impactos causados na etapa de implantação (responsabilidade do incorporador); impactos causados na etapa de construção (responsabilidade do incorporador/construtor); e

impactos causados na etapa de utilização (responsabilidade do morador).

Posteriormente à definição e classificação dos grupos de impactos, foi realizada a análise em pares das alternativas de gestão, de acordo com os correspondentes impactos. Foram estipulados critérios e pesos para o julgamento de qualificação destas alternativas com o objetivo de avaliar e ordenar o potencial de minimização de geração de impactos ambientais nos condomínios residenciais horizontais fechados.

Esses pesos adotaram a configuração da Escala Fundamental de Saaty (Tabela 1). O julgamento foi realizado por profissional da área de construção civil, com experiência na área de construção do tipo de empreendimento objeto de estudo. Com base nesta atribuição de pesos, foi possível calcular os autovetores das 36 matrizes geradas, o autovetor da matriz de critérios gerada e as médias ponderadas das alternativas de gestão utilizadas, para cada um dos nove grupos de impactos ambientais definidos e apresentados na Tabela 2.

Critérios de julgamento

Os critérios de julgamento foram definidos de modo a determinar qual alternativa de gestão é a mais adequada para minimizar os respectivos impactos ambientais para o condomínio. Após a submissão ao julgamento individual de cada critério por um profissional da área da construção civil, os resultados foram relacionados no Modelo de Análise Hierárquica para conclusão final.

Tabela 2 Definição dos Grupos de Impactos

Grupo de Impacto	Classe de Impacto	Descrição do Grupo
1	Implantação	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alteração na paisagem natural; ○ Impacto (visual) estético; ○ Eliminação da cobertura vegetal; ○ Abertura de valas e exposição do solo.
2	Implantação	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alteração de estrutura/camadas do solo (por acomodação topográfica e abertura de valetas); ○ Aumento da densidade/compactação do solo (ocorre em obras de maior porte).
3	Implantação	<ul style="list-style-type: none"> ○ Perturbação na drenagem natural; ○ Mudanças na frequência e/ou volume do escoamento superficial; ○ Contaminação da água; ○ Redução da infiltração; ○ Elevação ou rebaixamento freático (não há elevação de nível de rio; o rebaixamento pode ocorrer pela construção de dreno, no caso de obras subterrâneas).
4	Implantação	<ul style="list-style-type: none"> ○ Produção de resíduos sólidos (vidro, metais, plástico, madeira, cimento, brita, asfalto e lixo); ○ Pilhas de resíduos e rejeitos.
5	Construção	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contaminação do solo, água e ar por geração de resíduos sólidos (cimento, cal, areia, brita, gesso, madeira, metal, cerâmica, vidro, plástico, lixas, estopa, tinta e lixo).
6	Construção	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contaminação do solo, água e ar por geração de resíduos líquidos.
7	Construção	<ul style="list-style-type: none"> ○ Risco de proliferação de doenças transmitidas por vetores.
8	Utilização	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contaminação do solo/água por geração de resíduos sólidos.
9	Utilização	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contaminação do solo/água por geração de resíduos líquidos.

Os critérios de julgamento escolhidos foram: custo, atendimento a legislação, eficiência técnica e manutenção da alternativa levando-se em consideração os seguintes aspectos:

- Critério custo: considera o custo de realização da alternativa de gestão para minimização do impacto. Comparando-se uma alternativa de gestão em relação a outra, atribui-se um peso maior para a alternativa de menor custo;
- Critério atendimento à legislação: considera o grau de atendimento à legislação pela realização da alternativa. Comparando-se uma alternativa de gestão em relação a outra, é atribuído um peso maior àquela que for preferencial e atender a legislação;

- **Critério eficiência técnica:** considera o grau de eficiência técnica pela realização da alternativa. Comparando-se uma alternativa de gestão em relação a outra, é atribuído peso um maior àquela que apresentar maior eficiência técnica na minimização do impacto;
- **Critério manutenção da alternativa:** considera a perenidade da alternativa e a duração, possibilidade, dificuldade e custo da manutenção ao longo do tempo. Comparando-se uma alternativa de gestão em relação a outra, é atribuído um peso maior àquela que apresentar maior vantagem. Esse critério é diferenciado do critério custo, por considerar em sua análise outros aspectos além do custo, como rapidez da disponibilização, localização e características de assistência técnica.

Aplicação do método – utilização do método de análise hierárquica

Optou-se pelo Método de Análise Hierárquica para a avaliação qualitativa das alternativas de gestão para a minimização dos impactos ambientais em condomínios residenciais, horizontais e fechados devido à possibilidade de estruturação de um problema

Atribuição de pesos

Os pesos foram atribuídos conforme a percepção do profissional da área da construção civil, de acordo com a comparação em pares entre as alternativas. A referência utilizada foi a Escala Fundamental de Saaty, conforme Tabela 1.

Os pesos atribuídos pela comparação em pares entre as alternativas estão dispostos em uma matriz, na qual o número de linhas é igual ao número de colunas e são iguais ao número de alternativas que estão sendo comparadas em pares. O peso ij é resultante da comparação entre a alternativa correspondente à linha i com a alternativa correspondente à coluna j da matriz de pesos.

Quando uma alternativa i é preponderante sobre uma alternativa j , o peso ij assumirá um valor superior a 1, obedecendo a Escala Fundamental de Saaty (Tabela 1), ressaltando a importância da alternativa i sobre a alternativa j . Como consequência, o peso ji assumirá o recíproco do peso ij , ou seja, será o inverso do peso ij . Por outro lado, quando uma alternativa j é preponderante sobre uma alternativa i , o peso ji assumirá um valor superior a 1, obedecendo a Escala Fundamental de Saaty (Tabela 1), ressaltando-se a importância da alternativa j sobre a alternativa i . Como consequência, o peso ij assumirá o recíproco do peso ji , ou seja, será o inverso do peso ji .

No método AHP, a matriz de pesos atribuídos resulta em uma matriz quadrada recíproca, onde os elementos ji serão sempre o inverso dos elementos ij e cujos

complexo, atribuindo-se critérios de julgamento às diversas alternativas e a comparação em pares entre as mesmas. Esse foi o método escolhido para a tomada de decisão entre outros estudados que são específicos para a área ambiental.

elementos da diagonal principal resultam sempre iguais a 1, pois representam a comparação de uma alternativa com ela mesma.

Após a aplicação do Método de Análise Hierárquica em estruturas de tomada de decisão relativas aos grupos de impacto e suas respectivas alternativas de gestão, pode-se calcular os respectivos autovetores (coeficientes) para cada alternativa de gestão. Com esses valores, serão calculadas as médias ponderadas de cada alternativa de gestão isoladamente, quando submetidas ao julgamento dos quatro critérios (custo, atendimento à legislação, eficiência técnica e manutenção da alternativa). Com esse procedimento, determina-se qual a melhor alternativa para a minimização dos impactos para os grupos de impactos considerados, agrupados em classe de impactos (etapa de implantação, etapa de construção e etapa de utilização).

O método precisou ser explicado ao avaliador, engenheiro civil, responsável pela análise e atribuição de pesos. Também foi preciso orientar a sua interpretação na hora de julgar as alternativas em pares. A maior dificuldade foi percebida quando o profissional precisou comparar duas alternativas que, segundo a sua ótica, não tinham relação entre si, como, por exemplo, “playground com areia” e “utilização de água de poços”. A atribuição de pesos era mais simples e rápida quando as alternativas eram similares entre si, como, por exemplo, entre “playground com areia” e

“playground com grama”. Após a compreensão da estrutura do método pelo avaliador, a análise prosseguiu sem maiores dificuldades.

Após a definição dos critérios, dos grupos de impactos e das respectivas alternativas de gestão para minimização dos impactos, foram montadas estruturas hierárquicas de tomada de decisão. Também foi estruturada a relação entre os critérios para a comparação das alternativas em pares. As estruturas

hierárquicas de tomadas de decisão, quando estruturadas em forma de matrizes, deram origem a matrizes que ao serem avaliadas sob os quatro critérios (custo, eficiência técnica, atendimento à legislação e manutenção da alternativa), deram origem a matrizes de comparação em pares. Somada a matriz gerada pela comparação em pares de critérios, formaram-se matrizes para a análise e atribuição de pesos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o tratamento dos dados, os resultados obtidos foram separados por grupos de impactos relacionados às respectivas alternativas de gestão para minimização de impactos, e estão descritos a seguir.

A Figura 1 mostra os resultados para o Grupo 1 – Alternativas para minimização de impactos na etapa de Implantação (alteração da paisagem natural, impacto visual estético, eliminação da cobertura vegetal e abertura de valas e exposição do solo).

Verifica-se, a partir da Figura 1, que a alternativa “rapidez na execução da obra”, foi apontada pelo método com 29,50% de preferência na minimização do impacto ambiental, e confirmou a percepção do profissional pelos critérios custo e eficiência técnica como fatores relevantes para boa condução da obra e consequente minimização dos impactos relacionados. As alternativas “reserva legal” e “permuta de reserva” apresentaram os percentuais de 25,95% e 25,15% de preferência, respectivamente, muito próximos entre si. A percepção do avaliador é de que a alternativa “permuta de reserva” seria preferível à alternativa “reserva legal”, pois sob a ótica dos critérios eficiência técnica, custo e manutenção da alternativa, ela

disponibiliza uma área de terreno maior para edificação e atende satisfatoriamente ao critério atendimento à legislação, sendo, portanto, mais vantajosa. No entanto, como resultado da aplicação do método, as duas alternativas adquiriram importância similar para a minimização do impacto. A alternativa “replanteio/espécies nativas”, apontada pelo método com um percentual de 13,69%, apresentou uma vantagem na preferência em relação à alternativa “urbanização/paisagismo” porque, para a minimização de impactos, dá maior ênfase à condição original da vegetação do terreno. Caracteriza-se pela reconstituição e replanteio de espécies arbóreas, mais valorizadas visualmente do que o replanteio de espécies gramíneas. A alternativa “urbanização/paisagismo” apresentou um percentual de 5,71% por sua realização ser uma prática comum e indispensável nesse tipo de empreendimento, ou seja, para o profissional avaliador, todas as obras devem executar a alternativa “urbanização/paisagismo”.

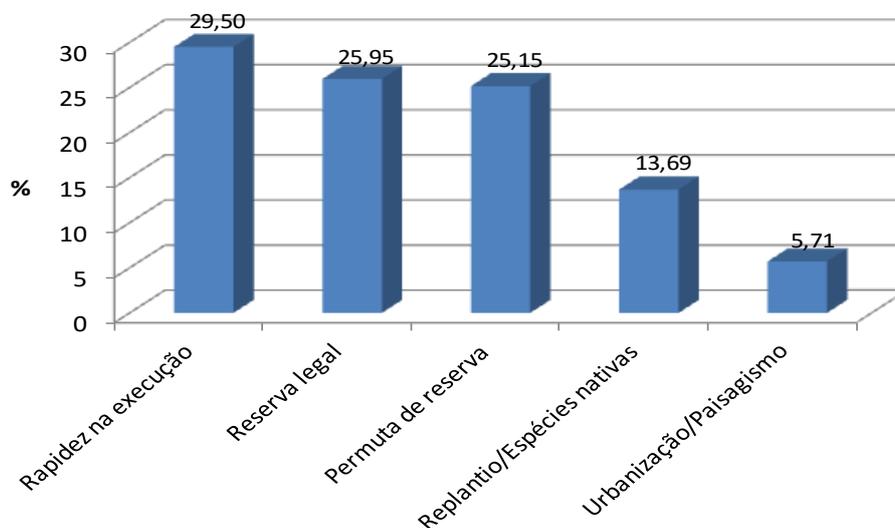


Figura 1 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 1

A Figura 2 mostra os resultados para o Grupo 2 – Alternativas para minimização de impactos na etapa de Implementação (alteração da estrutura/camadas do solo - acomodação topográfica e abertura de valetas).

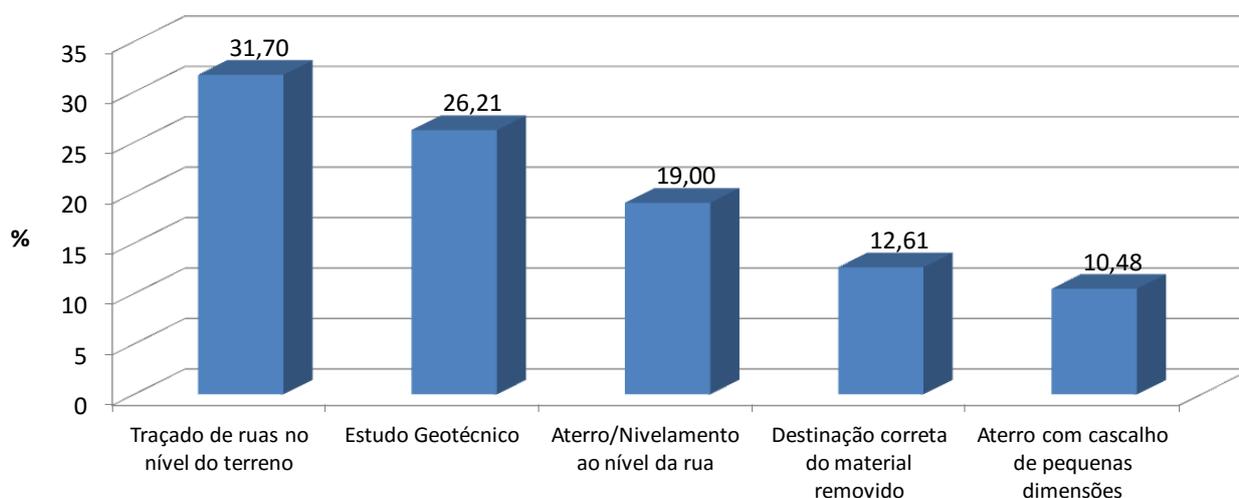


Figura 2 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 2

Segundo os resultados apresentados pela Figura 2, a alternativa “traçado de ruas no nível do terreno” apresentou um percentual de 31,70% de preferência, pois minimiza a intervenção no terreno e, com isso, minimiza o impacto. A percepção do profissional foi de que se as ruas acompanham a topografia do terreno, a intervenção nos terrenos marginais também é proporcionalmente menor. Desta forma, os critérios custo e eficiência técnica tornam-se a alternativa preferencial. A alternativa “estudo geotécnico” veio em

seguida com 26,21%, confirmando a percepção da importância atribuída ao estudo geotécnico para melhor adequação do uso do terreno e minimização do investimento em adequações para correção topográfica, refletindo-se positivamente os critérios custo, eficiência técnica e atendimento à legislação. A alternativa “aterro/nivelamento ao nível da rua” apresentou 19,00% e as alternativas “destinação correta de material removido” e “aterro com cascalhos de pequenas dimensões” apresentaram 12,61% e

10,48%, respectivamente. Para o avaliador, essas alternativas possuem caráter complementar, ou seja, uma alternativa de destinação para o material removido pode ser a realização de aterro com cascalho de pequenas dimensões (sem a presença de vigas e grandes blocos de materiais que dificultem a compactação do mesmo no solo) na mesma obra ou em outra obra e o aterro com cascalho de pequenas

dimensões pode ser, não a cor*reta, mas uma alternativa para destinação de material removido. A Figura 3 mostra o Grupo 3 – Alternativas para minimização de impactos na etapa de Implementação (perturbação da drenagem natural, mudanças na frequência e/ou volume do escoamento superficial, contaminação da água e redução da infiltração).

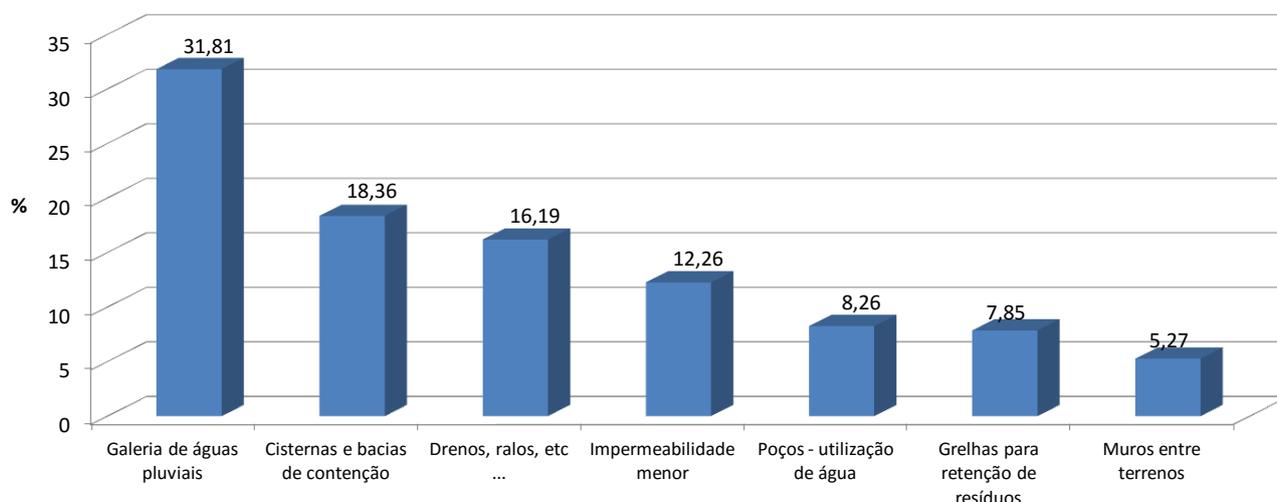


Figura 3 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 3

A alternativa “*galeria de águas pluviais*” apresentou um percentual de 31,81% de preferência, confirmando a percepção do profissional de que trata-se da melhor alternativa para a minimização desses impactos. As alternativas “*bacias de contenção/retenção*” e “*drenos, ralos, bueiros, bocas de lobo, caixas coletoras*” apresentaram percentuais de 18,36% e 16,19%, respectivamente, e revelaram a característica de serem as duas principais alternativas para minimizar os impactos causados pelo aumento de escoamento superficial. A alternativa “*impermeabilização menor que a definida pela Lei de Zoneamento*” apareceu com um percentual de 12,26%, seguida por “*poços – utilização de água para irrigação e limpeza*” com 8,26%. Esta última alternativa, cuja percepção a

princípio parecia ser favorável pelo aproveitamento de fonte de recurso água disponível dentro do próprio condomínio, não se mostrou prioritária na aplicação do método. Isso deveu-se ao fato da alternativa implicar em custo e responsabilidade em garantir a qualidade no uso desta água, refletindo-se na avaliação sob os critérios custo, atendimento à legislação e manutenção da alternativa. As alternativas “*grelhas para retenção de resíduos*” e “*muros divisores entre terrenos*” apresentaram 7,85% e 5,27%, respectivamente. A Figura 4 mostra o Grupo 4 – Alternativas para minimização de impactos na etapa de Implementação (produção de resíduos sólidos, pilhas de resíduos e rejeitos).

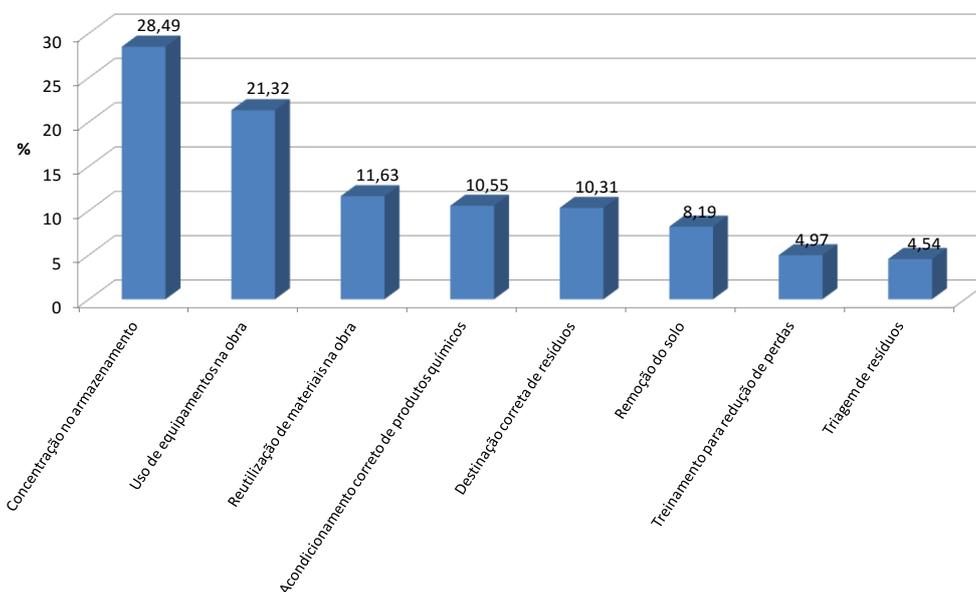


Figura 4 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 4

A partir da Figura 4, verifica-se que a alternativa “concentração no armazenamento” apresentou 28,49% de preferência, tendo como característica a diminuição na dispersão dos materiais utilizados em toda a obra, minimizando o impacto. Tal resultado foi de certa forma surpreendente, pois, diante da grande variedade de alternativas relacionadas a resíduos, a percepção do profissional era de que estas alternativas apresentariam maior preferência. A alternativa “uso de equipamentos e máquinas na obra” apresentou 21,32% de preferência, considerando a automação e agilidade de algumas atividades para minimização de impactos sob o critério eficiência técnica. As alternativas “reutilização de materiais na obra”, “acondicionamento correto de produtos químicos” e “destinação correta de resíduos sólidos” apresentaram percentuais 11,63%, 10,55% e 10,31%, respectivamente, valores próximos entre si. A

alternativa “remoção de solo superficial e substituição por nova camada” seguiu-se com 8,19%, confirmando a expectativa de que não é uma alternativa preferencial sob o critério custo. Finalmente, as alternativas “treinamento para redução de perdas/desperdícios” e “triagem de resíduos” apresentaram percentuais 4,97% e 4,54%, respectivamente, e confirmaram a percepção do avaliador que afirmou ser cético quanto à efetividade destas duas alternativas, devido à baixa qualificação da mão de obra utilizada e grande rotatividade de pessoal, o que, sob os critérios custo, eficiência técnica e manutenção da alternativa confirmam a baixa atribuição de peso.

A Figura 5 mostra o Grupo 5 – Alternativas para minimização de impactos na etapa e Construção (contaminação de solo, água e ar por geração de resíduos sólidos).

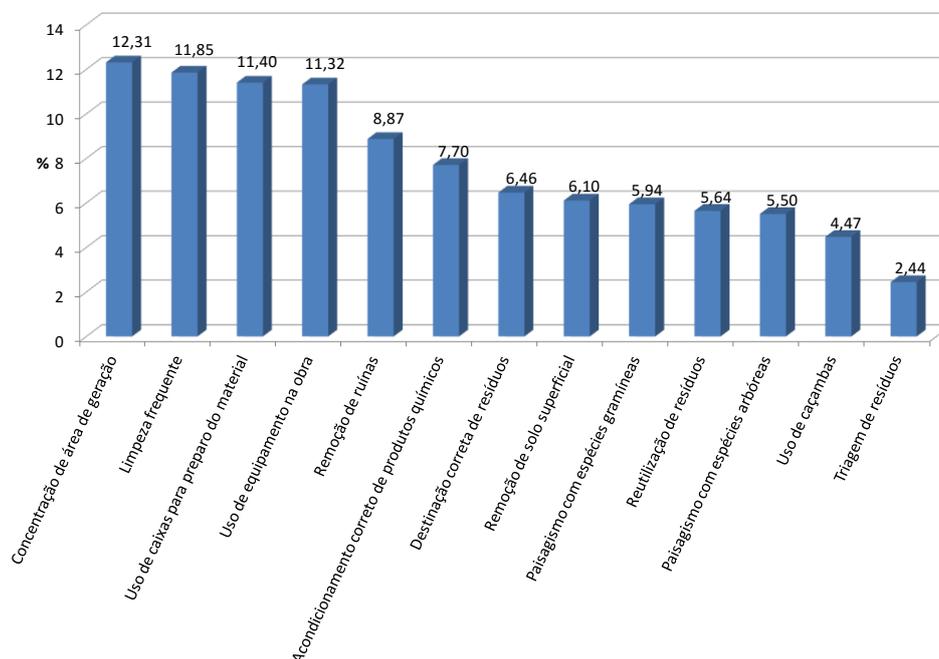


Figura 5 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 5

Segundo os resultados apresentados na Figura 5, a alternativa “concentração de área de geração (preparação de materiais)” apresentou 12,31% de preferência, pois evita a dispersão dos materiais utilizados em toda a obra, minimizando-se o impacto. Esse resultado também confirmou a percepção e atribuição de pesos de alternativa similar no grupo de impactos anterior, Grupo 4. Esta alternativa foi observada em todos os três condomínios pesquisados e em dois caracterizou-se a dispersão. As alternativas “limpeza frequente”, “uso de caixas de preparação” e “uso de equipamentos e máquinas na obra” apareceram com 11,85%, 11,40% e 11,32% de preferência, respectivamente, resultados próximos entre si e que enfatizam a não ocorrência de dispersão de materiais e resíduos. Foram percebidas variações nos padrões de condução das obras nos condomínios, com maior ou menor grau de organização, o que influencia diretamente na dispersão de resíduos pelo empreendimento. A alternativa “remoção de restos de construções” apresentou 8,87% de preferência. As alternativas “acondicionamento correto de produtos químicos”, “destinação correta de resíduos sólidos” e “remoção de solo superficial e substituição por nova

camada” seguiram-se com 7,70%, 6,46% e 6,10%, respectivamente, e foram consideradas alternativas mais favoráveis sob os critérios atendimento à legislação e eficiência técnica, porém com menor apelo de uso sob os critérios custo e manutenção da alternativa. As alternativas “paisagismo com espécies gramíneas”, “reutilização de resíduos” e “paisagismo com espécies arbóreas” apresentaram os percentuais de 5,94%, 5,64% e 5,50%, respectivamente. Portanto, com preferência similar na minimização de impactos e com características de baixa utilização com a finalidade específica de minimização dos impactos desse grupo. As alternativas menos preferenciais foram “uso de caçambas” e “triagem de resíduos” com 4,47% e 2,44%, respectivamente, confirmando a percepção do avaliador de que, sob os critérios custo e eficiência técnica, elas não são preferenciais. A verificação direta nos condomínios registrou a alternativa “uso de caçambas” em apenas um dos condomínios pesquisados.

A Figura 6 mostra os resultados obtidos do Grupo 6 – Alternativas para minimização de impactos na etapa de Construção (contaminação do solo, água e ar por geração de resíduos líquidos).

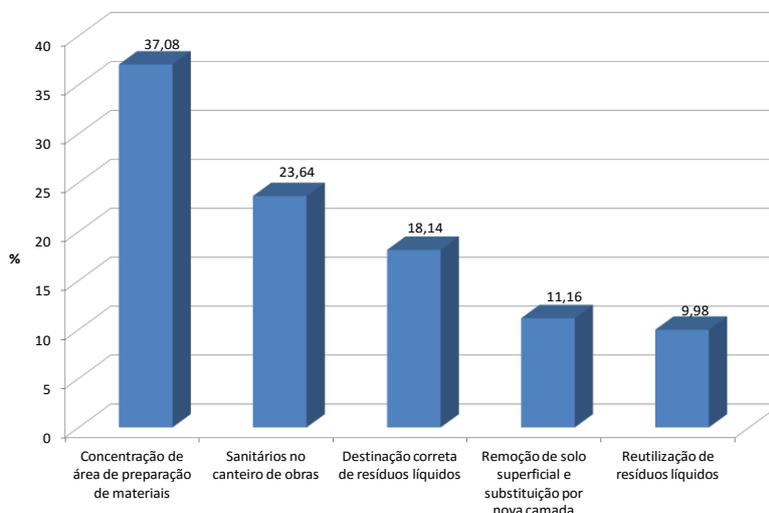


Figura 6 Priorização de alternativas para de minimização de impactos ambientais do Grupo 6

A Figura 6 mostra que a alternativa “concentração de área de preparação de materiais” apresentou 37,08% de preferência, pois contribui para a não dispersão de resíduos líquidos, conseqüentemente, minimizando o impacto. Esse resultado confirmou a característica desta alternativa também em outros grupos de impactos tratados pelo método. As alternativas “sanitários no canteiro de obras” e “destinação correta de resíduos líquidos” apareceram com os percentuais de 23,64% e 18,14%, respectivamente. As alternativas

“remoção de solo superficial e substituição por nova camada” e “reutilização de resíduos líquidos” apresentaram os percentuais de 11,16% e 9,98%, respectivamente, demonstrando que ainda não são alternativas priorizadas para gestão.

A Figura 7 mostra os resultados obtidos do Grupo 7 - Alternativas para minimização de impactos na etapa de Construção (risco de proliferação de doenças transmitidas através de vetores).

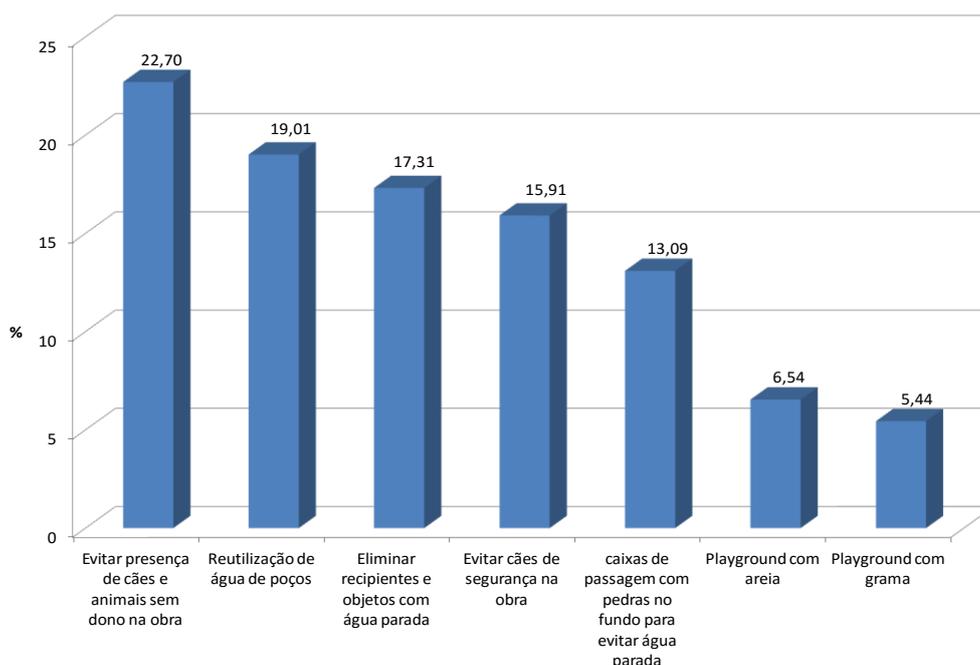


Figura 7 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 7

Os resultados apresentados na Figura 7 mostram que a alternativa “evitar presença de cães sem dono e outros animais domésticos na obra” apresentou um percentual de 22,7% de preferência. A verificação direta nos condomínios pesquisados constatou em dois deles a presença de vários cachorros sem dono. As alternativas “reutilização de água de poços” e “eliminar recipientes e objetos com água parada” apareceram com os percentuais de 19,01% e 17,31%, destacando-se a necessidade de garantir a qualidade para a reutilização da água, que se reflete nos critérios custo e atendimento à legislação e a percepção da maior facilidade em se eliminar o acúmulo de água parada em recipientes na obra. Desta forma, a reutilização de água de poços ainda não é considerada uma alternativa vantajosa. As alternativas “evitar cães de segurança na obra” e “caixas de passagem com pedras no fundo para evitar água parada” apresentaram os percentuais de 15,91% e 13,09%, respectivamente, percebidas pelo

avaliador sob o critério custo, como economia na primeira alternativa e sem custo para a segunda alternativa, e com as duas alternativas atendendo aos critérios atendimento à legislação e manutenção da alternativa. As alternativas “playground com areia” e “playground com grama” seguiram-se com os percentuais de 6,54% e 5,44%, respectivamente, caracterizando a maior utilização da primeira alternativa sob os critérios custo e manutenção da alternativa, mesmo com a segunda alternativa sendo considerada mais adequada sob o critério eficiência técnica para minimização do risco de transmitir doenças através de vetores.

A Figura 8 mostra os resultados do Grupo 8 – Alternativas para minimização de impactos na etapa de Utilização (contaminação do solo, água e ar por geração de resíduos sólidos).

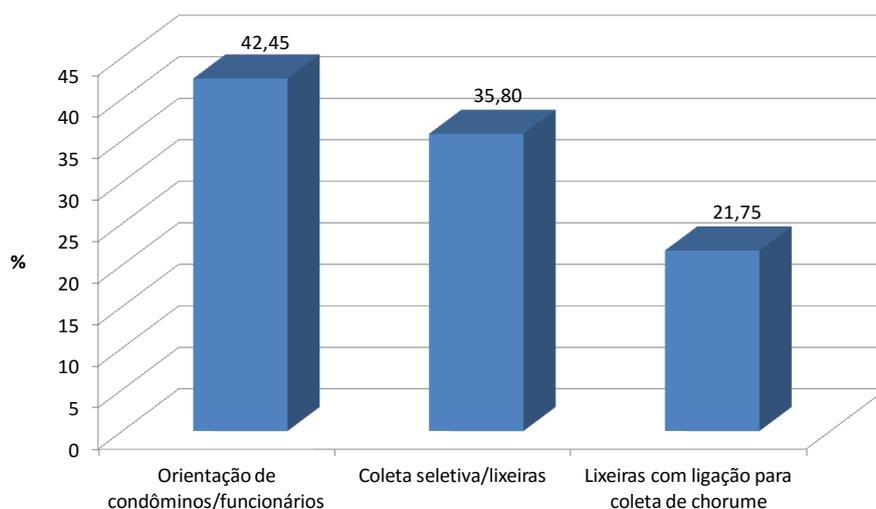


Figura 8 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 8

Na Figura 8, nota-se que as alternativas “orientação dos condôminos/funcionários” e “coleta seletiva/lixeiros” apresentaram percentuais de 42,45% e 35,80% de preferência, respectivamente, destacando-se que a primeira alternativa influencia diretamente a eficiência da segunda alternativa. O método evidenciou a importância da conscientização ambiental para a minimização de impactos associada à

alternativa de gestão. A alternativa “lixeiros com ligação para coleta de chorume” apresentou um percentual de 21,75% de preferência.

A Figura 9 mostra os resultados obtidos para o Grupo 9 – Alternativas para minimização de impactos na etapa de Utilização (contaminação do solo, água e ar por geração de resíduos líquidos).

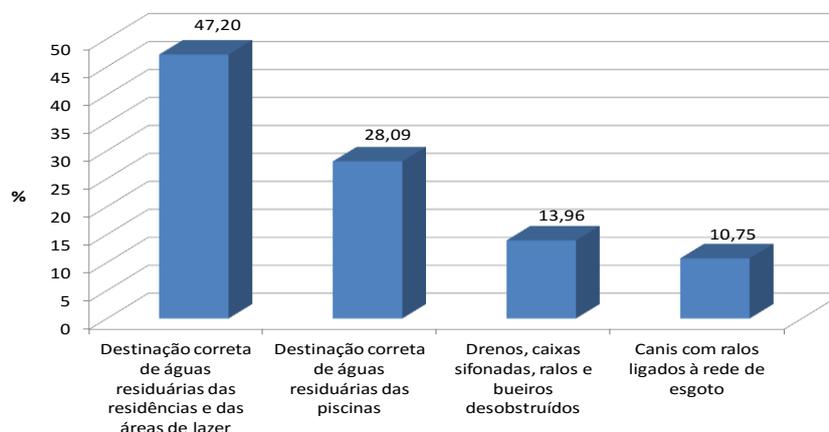


Figura 9 Priorização de alternativas para minimização de impactos ambientais do Grupo 9

A partir da Figura 9, tem-se que a alternativa “destinação correta das águas residuárias das residências e áreas de lazer edificadas (salão de festas)” apresentou um percentual de 47,2% de preferência, bastante representativo para a percepção de minimização do impacto associado. A alternativa “destinação correta das águas residuárias das piscinas” obteve 28,09% de preferência. As alternativas “drenos, ralos e bueiros desobstruídos” e “canis com ralos ligados à rede de esgotos” apresentaram 13,96% e 10,75%, respectivamente, sendo, portanto, significativamente menos preferenciais em comparação às duas primeiras alternativas.

CONCLUSÕES

A partir da análise global dos resultados, foi possível formular conclusões a respeito da tomada de decisão sobre as alternativas de gestão para minimização de impactos ambientais através do Método de Análise Hierárquica (AHP).

Na etapa de Implantação, a rapidez na execução das obras, a adequação das obras ao perfil do terreno e a realização de estudo geotécnico mostraram-se alternativas preferenciais para minimizar o impacto do empreendimento, motivadas principalmente pelos critérios custo e eficiência técnica, ou seja, alterar o mínimo possível o terreno reverte favoravelmente na redução de impactos ambientais.

Na etapa de Construção, os grupos de impactos relacionados aos impactos sobre o solo, água e ar, decorrentes das efetivas obras de construção e geração de resíduos, refletem, unanimemente, a preferência por alternativas de gestão que priorizam a concentração no armazenamento, área de geração e área de preparação de materiais, para evitar a dispersão da contaminação e, assim, conseguir restringir a amplitude desses impactos ambientais e também diminuir desperdícios. Alternativas como reuso e triagem de resíduos, apesar de incentivadas, apresentam baixa efetividade, devido à baixa qualificação e à alta rotatividade que caracterizam a mão de obra nesse setor, não incentivando investimentos em treinamento, por exemplo.

Na etapa de Utilização, alternativas para evitar situações de risco em relação à possibilidade de contaminação de doenças transmitidas por vetores são as alternativas preferenciais e a conscientização e treinamento foram confirmadas pelos resultados como uma parceria eficaz para implantação de um programa ambiental efetivo de coleta seletiva.

Observou-se, nos resultados dos grupos de impactos relacionados à água, que a destinação correta de águas residuárias é a alternativa de gestão preferencial em todas as etapas e que alternativas como reuso ainda não são práticas comuns ou incentivadas como alternativa de gestão.

Destaca-se que as características específicas de um condomínio influenciariam o resultado em função da formulação das estruturas hierárquicas de tomada de decisão. Condomínios mais simples possuiriam menos alternativas de gestão para serem avaliadas. Condomínios que possuam mais benfeitorias e maior utilização de recursos permitem observar variações na formulação das estruturas de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-RIVADULLA, M. J. Golden ghettos: gated communities and class residential segregation in Montevideo, Uruguay. **Environment and Planning A**, v.39, p.47-64, 2007.
- ATKINSON, R.; BLANDY, S. Introduction: international perspectives on the new enclavism and the rise of gated communities. **Housing Studies**, v.20, n.2, p.177-186, 2005.
- BRUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process**. Springer Verlag: New York, 2004.
- CHUANG, P. T. Combining the analytic hierarchy process and quality function deployment for a location decision from a requirement perspective. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.18, p.842-849, 2001.
- CRUZ, S. S.; PINHO, P. Closed condominiums as urban fragments of the contemporary city. **European Planning Studies**, v.17, n.11, p. 1685-1710, 2009.
- DACANAL, C. **Acesso restrito: reflexões sobre a qualidade ambiental percebida por habitantes de condomínios horizontais**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia – UEP, Rio Claro, 2004).
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Eds.) **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. Springer: Berlin, 2005.
- GINEVICIUS, R.; PODVEZKO, V.; BRUZGE, S. Evaluating the effect of state aid to business by multicriterial methods. **Journal of Business Economics and Management**, v.9, n.3, p.167-180, 2008a.
- GINEVICIUS, R.; PODVEZKO, V.; RASLANAS, S. Evaluating the alternative solutions of wall insulation by multicriteria methods. **Journal of Civil Engineering and Management**, v.14, n.4, p.217-226, 2008b.
- HWANG, C. L.; YOON, K. S. **Multiple attribute decision making: methods and applications**. Springer Verlag: Berlin, 1981.
- KUPPINGER, P. Exclusive greenery: new gated communities in Cairo. **City & Society**, v.16, n.2, p.35-62, 2004.
- LANDMAN, K. The storm that rocks the boat: the systemic impact of gated communities on urban sustainability. **Cybergeo: European Journal of Geography**, doc. 399, p. 1-17, 2007.
- LEMANSKI, C.; OLDFIELD, S. The parallel claims of gated communities and land invasions in a southern city: polarized state responses. **Environment and Planning A**, v.41, p.634-648, 2009.
- LIAUDANSKIENE, R.; USTINOVIVIVUS, L.; BOGDANOVICIUS, A. Evaluation of construction process safety solutions using the TOPSIS method. **Engineering Economics**, v. 4, p.32-40, 2009.
- LOW, S. M. **Behind the gates: life, security and the pursuit of happiness in fortress America**. Routledge: New York, 2003.
- POW, C. P. Public intervention, private aspiration: gated communities and the condominiumisation of housing landscapes in Singapore. **Asia Pacific Viewpoint**, v.50, n.2, p.215-227, 2009.
- REZAEI-MOGHADDAM, K.; KARAMI, E. A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP. **Environment, Development and Sustainability** v.10, p.407-426, 2008.
- SAATY, T. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991.

SAATY, T.; VARGAS, L. **Methods, concepts and applications of the Analytic Hierarchy process**. Kluwer Academic Publishers: Boston, 2001.

SANCHEZ, T. W.; LANG, R. E.; DHAVALA, D. M. Security versus status? A first look at the census's gated community data. **Journal of Planning Education and Research**, v.24, p.281-291, 2005.

VESSELINOV, E. Members only: gated communities and residential segregation in the metropolitan United States. **Sociological Forum**, v.23, n.5, p.536-554, 2008.

ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A.; VILUTIENE, T. Multicriteria evaluation of apartment blocks maintenance contractors: Lithuanian case study. **International Journal of Strategic Property Management**, v.13, n.4, p. 319-338, 2009.

ZAVADSKAS, E. K.; LIAS, R.; TURSKIS, Z. Multiattribute decision-making methods for assessment of quality in bridges and broad construction: state-of-the-art surveys. **The Baltic Journal of Road and bridge Engineering**, v.3, n.3, p.152-160, 2008.

MEIO AMBIENTE, ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E POBREZA: EVIDÊNCIAS E REFLEXÕES DESTA TENSE, MAS NECESSÁRIA RELAÇÃO

ENVIRONMENT, POVERTY AND SCIENTIFIC LITERACY: EVIDENCE AND REFLECTION OF THIS TENSE AND YET NECESSARY CONNECTION

Mariane Freiesleben

Mestranda do Curso de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins.
Pós-Graduada em Metodologia do Ensino da Geografia Aplicada ao Planejamento Ambiental.
mariane@ifto.edu.br

Alex Pizzio da Silva

Doutor em Ciências Sociais, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos. Coordenador do Mestrado Profissional em Gestão de Políticas Públicas e docente no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e no Curso de História na Universidade Federal do Tocantins.

Cristiane Miranda Martins

Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense. Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

José Ramiro L. Marón

Doutor em Ciências Pedagógicas. Mestrado em Geografia Física. Bacharel em Geografia pela Universidade da Habana, Cuba. Professor dos Cursos de Mestrado em Ciências do Ambiente e do Curso de Mestrado em Geografia, Universidade Federal do Tocantins.

RESUMO

Este artigo considera as evidências de se enxergar meio ambiente, alfabetização científica e pobreza por meio das lentes do exercício da cidadania. Inicia-se com uma introdução e explicação sobre o estudo, para em seguida explorar principalmente as abordagens disciplinares da pobreza e a sua relação com o meio ambiente. Este viés permite explorar análises mais específicas oriundas do conceito de alfabetização científica e sua utilidade. Conclui-se que, por meio da alfabetização científica, o cidadão se apodera do conhecimento, partindo para uma perspectiva de participação ativa dentro da comunidade e no resgate de sua própria condição social.

Palavras-chave: alfabetização científica; cidadania; meio-ambiente; pobreza

ABSTRACT

This article considers the evidence of perceiving the environment, scientific literacy and poverty through the lens of citizenship. It begins with an introduction and an explanation of the study, then it explores disciplinary approaches in regards of poverty and its relationship with the environment. This biased view allows deriving more specific analyzes by exploring the concept of Scientific literacy and its importance. It was concluded that through scientific literacy, citizens empowered by knowledge, take an active role within the community as well as his social status rescue.

Keywords: scientific literacy; citizenship; environment; poverty

INTRODUÇÃO

A compreensão das relações entre meio ambiente, alfabetização científica e pobreza constitui uma demanda acadêmica e uma exigência para o alvo da política ambiental, educacional e social. Embora a Agenda 21 tenha trazido elementos nessa linha, a associação entre essas temáticas ainda é pouco efetivada e divulgada. Autores como Angotti e Auth, (2001) têm apontado que, por meio da alfabetização científica, é possível diminuir os impactos ambientais e por consequência a pobreza. Porém, se estiverem fragilizados, podem constituir -se em uma ameaça ao equilíbrio dos ecossistemas, como também afirmam Finco, Waquil e Matos (2004).

O bem-estar humano relaciona-se diretamente a igualdade de condições, que por sua vez remete os indivíduos a um patamar social, caracterizado pela noção de cidadania, que descreve os direitos e obrigações dos membros de uma comunidade (PIZZIO, 2008). Ademais, por meio da prática cívica, o meio ambiente torna-se cercado por cuidados que buscam o bem comum.

O meio ambiente precisa ser preservado e conservado para garantir a sustentabilidade da vida no planeta Terra. Porém, como aponta Alier (1998), são as pessoas e, principalmente, as pobres que dependem em maior proporção destes para viver em harmonia e cobrir suas necessidades, pois parte dessa população encontra-se localizada nas áreas mais degradadas do planeta e sobre exploram tais recursos, além de estarem mais expostas às intempéries da natureza. Walzer (2003) destaca que, na realidade, os pobres também são explorados pela falta de recursos, já que se submetem a horas a mais no trabalho, ao trabalho extra, fazem uso do trabalho infantil, do trabalho informal entre outros, pois encontram-se inseridos em uma sociedade de consumo pujante, estratificada e excludente (PIZZIO, 2013).

Acredita-se que por meio de uma educação abrangente e profunda poder-se-á alcançar uma “educação para a ética”⁴, compromissada com o meio ambiente e com os seres humanos. Como alerta Marinova (2014), os equívocos da ação humana geraram alterações nos ecossistemas, tornando-os desequilibrados, fazendo-se necessário mudar a sustentabilidade educacional, pois os seres humanos são parte da natureza, não precisam competir com ela. É mister refletir sobre a educação para colocar em prática o que já se sabe, construindo assim uma sociedade melhor (informação verbal)⁵.

A história da humanidade mostra um falso entendimento de que os recursos naturais, que não pertenciam especificamente a alguém, poderiam ser utilizados de forma inconsequente por qualquer um. Mas, a partir da Conferência Mundial da Ciência para o século XXI, sob os auspícios da UNESCO e do Conselho Internacional para a Ciência, ficou declarado:

Para que um país esteja em condições de atender às necessidades fundamentais da sua população, o ensino das ciências e da tecnologia é um imperativo estratégico [...]. Hoje, mais do que nunca, é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e em todos os sectores da sociedade, [...] a fim de melhorar a participação dos cidadãos na adoção de decisões relativas à aplicação de novos conhecimentos. (DECLARAÇÃO DE BUDAPESTE, 1999, tradução nossa)

⁴ “Ação educativa por meio da qual se ensina alguém tradição ligada ao debate ético numa sociedade ou num grupo. Uma educação para a ética compreende geralmente uma clarificação dos valores em jogo nas situações estudadas”. (Fourez, 2008, p. 360)

⁵ Palestra proferida por D. Marinova no II Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, em Camburiu - SC, em abril de 2014.

Tal argumento também é amplamente utilizado por quem reivindica que a alfabetização científica e tecnológica são componentes básicos de uma educação para a cidadania aqui no Brasil (SASSERON, 2008; DEMO, 2010; CHASSOT, 2011). No discurso da UNESCO sobre a Década da Alfabetização da ONU, é debatido o papel da ciência e tecnologia, instrumentos que fornecem às pessoas meios para entender o mundo e o papel que nele desempenham. Relatando que a EPT (Educação para todos) nestes aspectos:

[...] vai além do processo educacional, ressaltando vínculos estratégicos com outros aspectos da vida – a aquisição e o uso da alfabetização têm impacto na saúde da mãe e da criança, nas taxas de fertilidade, nos níveis de renda, assim como efeitos menos tangíveis, como, por exemplo, sobre o aumento da autoconfiança, da iniciativa, na cidadania participativa e da autoestima cultural. (UNESCO, 2005, p. 32.)

Assim, fica clara a importância da expansão do conhecimento, mas principalmente da divulgação e aplicação de um conhecimento de qualidade, que propicie a oportunidade do ser humano em participar plenamente da cidadania. A educação dá acesso à ciência e tecnologia, e por meio deste conhecimento, as pessoas podem entender o mundo, impondo-se ativamente em todas as questões.

Existem algumas evidências dos elos entre meio ambiente, AC (Alfabetização Científica⁶) e a questão social. No entanto, é importante reconhecer o processo pelo qual essas relações se configuram, identificando como as privações humanas contribuem para o processo de degradação ambiental e quais aspectos podem potencializar essas relações. Sobre isso, de acordo com Correia (2010), deve-se considerar aspectos de vulnerabilidade com respeito a: i) sensibilidade, relacionando com o grau de dependência dos recursos naturais e sua preservação; ii) exposição, que se refere à concentração de pessoas pobres em locais geográficos de risco e degradação ambiental; iii) vulnerabilidade devido a deficiência em interações sociais, econômicas, políticas entre outras, impedindo o acesso aos serviços públicos. Ao se levar em conta tais aspectos, faz-se necessário uma reflexão sobre as formas de inserção das pessoas em uma comunidade para efeitos de integração na sociedade como cidadão ativo, receptor de direitos e cumpridor de deveres.

Para Resende (2013), após seu levantamento sobre as metas educacionais como eixos articuladores dos relatórios do desenvolvimento da ONU, fica claro que o acesso universalizado à educação propicia o aumento da participação dos sujeitos na vida política, econômica, social e cultural.

Entende-se que cada sociedade possui suas prioridades, mas também limitações, principalmente no tocante aos recursos naturais. Assim, torna-se imperativo refletir sobre como a sociedade poderá compartilhar necessidades e possibilidades, preservando e conservando o meio ambiente.

A partir desses pressupostos, pretende-se explorar aqui o contexto da questão da pobreza e como o ser humano pode ser inserido como guardião do meio ambiente por meio da AC.

O artigo está estruturado em cinco seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção, aborda-se a questão social, enquanto na terceira seção são apresentadas evidências em torno das relações entre pobreza e meio ambiente. Na quarta seção é demonstrada a associação entre essas questões e a AC. Por último, são apresentadas as considerações finais.

⁶ A partir deste momento sempre que for necessário escrever Alfabetização Científica, será usado a abreviação AC.

A QUESTÃO SOCIAL

O tema da questão social, constantemente é evidenciado como reflexão sobre as desigualdades, diferenças e oportunidades dentro das sociedades. Entretanto, análises mais sofisticadas apontam que: “A questão social foi nomeada, explicitamente, nos anos de 1830, quando se tomou consciência da existência de populações que foram, ao mesmo tempo, agentes e vítimas da revolução industrial” (WANDERLEY, 2000, p.55 e 56).

Mas quando e como uma sociedade, um grupo ou uma pessoa pode ser considerada pobre? Quando convive com a desigualdade? Quando é excluído de uma atividade em razão da sua roupa, da sua casa, do seu poder aquisitivo ou do estereótipo? Não se pretende aqui criar uma polêmica, mas refletir sobre a pobreza e suas consequências para o indivíduo.

Para Wanderley (2000), a pobreza deve ser entendida como um processo de empobrecimento histórico e social, decorrente de determinantes econômicos, políticos e culturais. Os pobres são, portanto, aqueles destituídos de poder, trabalho e informação. Pessoas que foram impossibilitadas de escolher entre as diferentes formas de viver, já que foram coibidas pela ausência de liberdade de escolha.

Assim, pode-se entender que a inexistência de igualdade de oportunidade viabiliza o surgimento de sujeitos desiguais, em uma posição inferior, debilitados para participar de um processo de concorrência. Isso não está associado a fatores naturais, mas de ordem social, podendo estes sujeitos serem considerados pobres, incapacitados para participar socialmente da troca de bens.

Em uma análise ampliada Paugam (2003, p. 45) faz um alerta sobre a realidade nas sociedades modernas, na qual “a pobreza não é somente o estado de uma pessoa que carece de bens materiais; ela corresponde, igualmente, a um *status* social específico, inferior e desvalorizado, que marca profundamente a identidade de todos os que vivem essa experiência”. Percebe-se, assim, um quadro em que o indivíduo é impedido de realizar escolhas inteligentes para sua vida e para o meio ambiente, pois o mesmo fica submisso aos grupos que controlam o poder. Nesse contexto, a vida social

passa a ser uma questão de alinhamentos favoráveis ou contrários a estes grupos (PIZZIO, 2013).

Nessa mesma perspectiva, Solera (2005) ao discutir sobre a origem da desigualdade, a partir do pensamento de Rousseau, Hobbes e Locke, alerta que o meio social também exerce influência no desenvolvimento das habilidades cognitivas, principalmente devido “as diferentes oportunidades de acesso à educação oferecidas aos indivíduos inseridos nos grupos sociais.”. Por outro lado, ressalta que os seres humanos não são iguais e que as distintas funções que o homem desempenha em uma hierarquia social e suas recompensas também contribuem para a desigualdade social. Portanto, o sucesso dos indivíduos é uma justificação para a riqueza e a pobreza e passa a ser o símbolo do fracasso social, que conduz o pobre a uma degradação moral.

Pode-se dizer que a relação entre a pobreza e a desigualdade ocorre de forma constante e é mediada pela posição do indivíduo na sociedade, na qual suas possibilidades de inserção social e/ou sucesso são condicionadas pelos grupos que controlam o grau de oportunidades a serem oferecidas. O Estado, por meio de políticas oficiais, tenta evitar o enfrentamento, por meio de “[...] modos de (des)articulação e (des)integração, nacional, regional, entre nação, Estado, cidadania, capital e trabalho (WANDERLEY, 2000).

Diante dessas questões, adquirem relevância as questões levantadas por Honneth (2003, p. 138) “reconhecer-se reciprocamente como pessoa de direito significa que ambos os sujeitos incluem em sua própria ação, com efeito de controle, a vontade comunitária incorporada nas normas intersubjetivamente reconhecidas de uma sociedade”. Isto posto, fica claro que o cidadão só se manifesta na busca por seus direitos se for assistido por meio de respeito e reconhecimento por parte do Estado.

No caso da América Latina, o Estado teve um papel fundamental na condução do desenvolvimento econômico com ressonância na construção da identidade cidadã da população. No Brasil, essa identidade foi forjada pela miscigenação e pela depreciação em relação aos nativos, aos escravos e

pela própria mistura (WANDERLEY, 2000). Tal relação torna-se mais complexa, ainda, quando associada à falta de prática de movimentos sociais, observada no modelo de construção da cidadania que se estabeleceu como resultado da produção de um sentimento de “solidariedade coletiva”, pela criação de um grupo de representantes que também escolheram o modelo que condiciona o amor à pátria, não pelo sentimento de igualdade entre todos, mas pela igualdade conseguida em uma partida de jogo ou em uma manifestação cultural, isolando assim o indivíduo da sociedade (SOUSA, 2009, grifo do autor).

Assim sendo, o sentimento de nacionalidade não é sentido de forma coletiva. As pessoas são convencidas apenas em momentos específicos a agir por amor à pátria. O que é mais recorrente é a fuga de uma atitude coerente, da busca constante pelo bem-estar do grupo, movendo-se em direção ao individualismo da desigualdade social, o que permite o condicionamento do nível social ao livre intercâmbio, mérito ou necessidade. Como destaca Walzer (2003), esses são pesos difíceis de serem medidos em uma sociedade, uma vez que cada um deles possui sua própria particularidade.

Em um instigante trabalho, Sousa (2004) traz interessantes observações sobre a naturalização da desigualdade social no Brasil e a consequente produção de “subcidadãos” resultante de um efetivo processo de modernização de grandes proporções que foi implantado nos inícios do século XIX. Em seu texto são observadas várias pontuações importantes, entre elas a questão do princípio que trata da inadaptação e da marginalização, que passa a ser internalizada nas

pessoas mais desprovidas de escolhas como um sinal de fracasso pessoal, impedindo-as de vivenciarem o “*habitus* primário, ou seja, a disseminação da noção de dignidade, que torna o agente racional um ser produtivo e cidadão pleno” (SOUSA, 2004, grifo do autor).

Este indivíduo possui dificuldades em várias vertentes, como por exemplo, no acesso a moradia, residindo nos lugares menos assistidos pelo poder público e mais distantes dos serviços essenciais, como ocorre com a educação. Normalmente, as escolas estão localizadas em locais distantes das residências, encarecendo o custo e dificultando a frequência dos estudantes. Isto propicia uma reduzida capacidade de os pais transmitirem aos filhos um capital cultural, que lhes permita alcançar a verdadeira integração social e profissional, perpetuando essa situação por várias gerações.

Nessa perspectiva, Honneth (2003, p.198) alerta que “com o reconhecimento denegado, se perderam também as possibilidades de auto respeito individual”. Culminando com atos de rebeldia devido à falta de reconhecimento, que são mostradas pela mídia, transformam a opinião pública contrária a essas comunidades, que não são reconhecidas pelo estado de direito.

Assim, o bem-estar do indivíduo oferece um caminho para pensar-se na relação entre a pobreza e o meio ambiente, já que implica critérios de avaliação que definem essas relações, levando-se em conta como a degradação desse pode restringir e privar a capacidade de funcionar adequadamente.

A POBREZA E O MEIO AMBIENTE

Na busca pelos elos entre a pobreza e o meio ambiente é importante destacar que em 2010, o G20⁷, obrigou-se a promover um crescimento econômico inclusivo e sustentável, argumentando que a prosperidade sustentável deve ser compartilhada, comprometendo-se assim com o crescimento ecológico, “que promete desvincular a expansão econômica da degradação ambiental” (OXFAM, 2012). É importante lembrar que esse grupo de países é composto por mais da metade da população pobre do mundo, observando-se que são grandes os desafios para atingir esses objetivos.

Segundo os dados apresentados pela OXFAM (2014), tais questões tornam-se ainda mais perigosas quando confrontadas com outros temas atuais, como a concentração de renda crescente na América Latina e Caribe. Na mesma direção, essa organização alerta também sobre a permanência do poder político nas mãos das classes econômicas ricas, situações que comprometem a redução da pobreza e melhoria da qualidade de vida das pessoas.

Com o Renascimento o homem se coloca no centro do Universo (Antropocentrismo), consagrando a si mesmo um poder absoluto sobre a natureza. A ciência, munida de técnicas mais avançadas de observação e questionamento do mundo, como o método científico inspirado na filosofia de Bacon e de Descartes, na matemática e física de Galileu e Kepler (e depois, de Newton) passa a considerar a natureza sem alma, sem vida, mecânica, geométrica. O homem perdeu o conceito divino de integração com a natureza.

Atualmente, é de conhecimento dos seres humanos que os serviços dos ecossistemas são essenciais. Portanto, o ser e fazer das pessoas depende, além de outros fatores não ambientais, da capacidade dos ecossistemas em prestar serviços de provisão, regulação, suporte e cultura. Somado a isso, a ampliação das capacidades de funcionamento adequado das pessoas depende da integridade dos ecossistemas.

Segundo Pereira e Silva (2012), fica claro que o crescimento e urbanização das cidades dos países subdesenvolvidos estão marcados pela ilegalidade e informalidade, expondo a população residente a inúmeras situações de precariedade e a todo tipo de risco. Na contramão, é a população de maior renda que recebe os melhores benefícios ligados a benfeitorias da cidade, pois residem em bairros mais assistidos por infraestrutura, portanto mais caros, delimitando a inclusão e a exclusão relacionadas com a questão social das cidades.

Considerando-se que a vida depende do capital natural do planeta, de seus recursos naturais para produção de alimentos, água e energia, e que nenhum país do G20, ou fora dele, demonstrou ser possível combinar altas rendas médias com uso sustentável dos recursos naturais, a questão ambiental torna-se profundamente preocupante (OXFAM, 2012).

Tendo essas questões como pano de fundo, Batistela e Boneti (2008, p.1115) afirmam que “a relação homem/natureza, constitui a culminação de uma experiência histórica, que tenta criar um tipo de vida humana associada, ordenada e sancionada por processos autorreguladores de mercado.” Dessa forma, cria e recria o espaço de acordo com suas próprias necessidades, sem necessariamente visualizar o espaço natural como ambiente interdependente dessa relação, entendendo o ambiente como algo externo, fruto de uma concepção positivista do meio ambiente, no qual o homem é visto com uma natureza e sobrevivência diferentes do resto do Universo. Segundo Gonçalves (2008, p. 175):

⁷ Grupo formado pelos ministros de finanças e chefes dos [bancos centrais](#) das [19 maiores economias do mundo](#) mais a [União Europeia](#). Foi criado em [1999](#), após as sucessivas [crises financeiras](#) da [década de 1990](#). Visa favorecer a negociação [internacional](#), integrando o princípio de um diálogo ampliado, levando em conta o peso econômico crescente de alguns países,

que, juntos, representam 90% do [PIB](#) mundial, 80% do [comércio mundial](#) (incluindo o comércio intra-[UE](#)) e dois terços da [população mundial](#).

O crescimento global da população induz ao incremento da taxa de migração rural-urbana. Para Lemos (2005, P. 46):

Nas cidades, este contingente que migrou promoverá uma pressão sobre a infraestrutura eventualmente existente, em geral já precária, que prevalece nas economias atrasadas, o que provoca uma queda generalizada da qualidade de vida também nesses centros. Os efeitos visíveis desse processo nesses centros urbanos são a proliferação de submoradias, do desemprego, subemprego, condições inadequadas de saneamento, dentre outros impactos.

Autores como Alier (1998, 2007) e Sousa (2004, 2009) defendem que a pobreza é um dos principais problemas da devastação ambiental na atualidade, enquanto pesquisadores como Cavendish (1999), Hayes e Nadkarni (2001) acrescentam que rendas elevadas como a dos países ricos são uma das principais causas dos desequilíbrios ambientais, pois são indutoras na produção de uma quantidade considerável de lixo.

O fato é que a relação entre pobreza e degradação ambiental está ligada aos níveis de renda de uma população, pois de acordo com Moretto e Schons (2007, p. 2), “[...] uma renda maior sugere padrões de consumo ambiental mais limpos, níveis de educação mais elevados e, conseqüentemente, espera-se um destino adequado para seus resíduos”.

Estudiosos da temática (MORETTO e SCHONS, 2007) também argumentam que o aumento da renda e a

exigência de efetivação de seus direitos refletem na qualidade da água, na ampliação ao acesso de saneamento básico, na diminuição da poluição, no melhoramento das condições ambientais, influenciando diretamente na diminuição de doenças infectocontagiosas e na redução da mortalidade infantil dentre outros problemas que assolam as populações que vivem em situação de pobreza e vulnerabilidade social. A questão seria como aumentar a renda da população sem aumentar a extração de recursos naturais e produção de lixo?

Portanto, pode-se concluir que a pobreza contribui para o acirramento e aprofundamento destes problemas. Além disso, como afirma Pereira e Lopes (2013, p. 2), tanto a pobreza como a destruição dos recursos naturais bloqueiam o crescimento econômico e social, resultando em uma destruição irreversível do meio ambiente.

A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

De acordo com Moraes (1997), são três as ações orientadas por valores e princípios presentes na comunidade científica, relacionadas com a problemática ambiental: *postura filosófica naturalista*, que toma a problemática ambiental numa perspectiva que perde totalmente sua dimensão social; o *tecnicismo*, que dilui as implicações políticas no seu manejo, como se as soluções técnicas não envolvessem decisões políticas, interesses, projetos e perspectivas conflitantes entre outros; e a terceira postura, que se coloca como antítese da segunda, o *romantismo*, que permeia a temática ambiental.

Nas ciências contemporâneas, a natureza passa a ser vista como objeto de conhecimento, construído pelas operações científicas, contrapondo-se aos primeiros princípios já que transforma a ideia de natureza em objeto cultural.

A ciência é a forma que o homem encontrou para ler a natureza e o mundo está impregnado por essa sapiência. Assim sendo, o papel desempenhado pela ciência e tecnologia é fundamental e essencial na vida de todos, afetando vários aspectos da civilização tais como a economia, a saúde, o ambiente, a educação entre outros. (FOUREZ, 2008; DEMO, 2010; CHASSOT, 2011)

Nascimento-Schulze (2006, p.99) alerta que “é importante considerar que as gerações subsequentes viverão em ambientes culturais ainda mais comprometidos com as questões científicas e com os artefatos tecnológicos”.

Dentro desse contexto, a educação científica vem sendo questionada no que se refere ao valor real para os estudantes e o papel que desempenha dentro da sociedade. Para Lemke (2006, p.6, tradução nossa), a

educação “significa maiores oportunidades para desenvolver as habilidades e talentos e usá-los a serviço de uma harmonia entre a sociedade global e o resto do ecossistema do nosso planeta”.

Considerando-se que a ciência é uma linguagem, é fundamental saber interpretar a natureza está descrita. Portanto, a alfabetização científica⁸ pode ser “considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida” (CHASSOT, 2003, p. 91; SANTOS, 2007, p. 484). Como afirma da Costa, ao simplificar o que se fala, subestima-se quem escuta, pois todos estão aptos a viver experiências. É a sociedade que impõem os padrões e limitações (informação verbal)⁹.

Convém alertar que AC não se resume a uma leitura, a uma decodificação, mas a uma interpretação de gráficos, diagramas, tabela entre outros. É usar a ciência como ferramenta facilitadora do estar fazendo parte do mundo (DEMO, 2010; CHASSOT, 2011).

Diante dessa perspectiva, Freire (1992, p.79) argumenta que a educação se relaciona com “conhecimento crítico da realidade”, com “uma leitura crítica do mundo”. Alfabetizar é muito mais do que ler as palavras, deve propiciar a “leitura do mundo”. Em outro trabalho, Noris e Phillips (2003, tradução nossa) enfatizam a necessidade do ensino da linguagem científica, pois aprender a ler escritos científicos significa saber usar essas estratégias para extrair informações, fazer interferências, expressar diferentes ideias, entendendo que sua interpretação implica em não aceitar determinados argumentos.

Segundo Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) a AC se impõe como uma dimensão essencial de uma cultura de cidadania para fazer frente aos graves problemas a serem enfrentados pela humanidade, tanto hoje quanto no futuro, construindo benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente. Este movimento relaciona-se à mudança dos objetivos do ensino de ciências, em direção à formação geral da cidadania. De acordo com Sousa e Sasseron, o cidadão e cidadã:

[...] alfabetizado cientificamente, assim como o cientista, não precisa saber tudo sobre as Ciências, mas deve ter conhecimentos suficientes de vários campos e saber sobre como esses estudos se transformam em adventos para a sociedade, no sentido de compreender de que modo tais conhecimentos podem afetar sua vida e a do planeta (2012, p. 596).

Opinião compartilhada por Perez e Vilches (2006, tradução nossa) quando afirmam que a melhor formação científica inicial que pode ser dada a um futuro cientista está alinhada com a orientação dada pela AC a todos os cidadãos. Até porque nem a ciência e nem a tecnologia são alavancas de mudança que afetam sempre, no melhor sentido, aquilo que transformam. (AULER, DELIZOICOV, 2001)

O saber científico já está conosco, mas precisa ser estimulado. São necessários especialistas que popularizem e desmistifiquem o conhecimento científico. Assim, Lacerda (1997, p. 98) afirma que a AC seria a “apreensão dos princípios científicos de base, essenciais para que o indivíduo possa compreender, interpretar e interferir adequadamente em discussões, processos e situações de natureza técnico-científica ou relacionados ao uso da ciência e da tecnologia”.

Como sugere Pozo (2002) adquirir conhecimento científico não consiste simplesmente em acumular novos saberes, pois é preciso considerar a relação entre esses conhecimentos, que devem ser adquiridos e as representações implícitas iniciais. Portanto, o processo de alfabetização deve possibilitar que o discente desenvolva a compreensão do caráter simbólico da escrita, além de identificar todas as possibilidades sociais de seu uso.

⁸ A partir deste momento sempre que for necessário escrever Alfabetização Científica, será usada a abreviação AC.

⁹ Palestra proferida por V. A. da Costa no II Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, em Camburiu - SC, em abril de 2014.

[...] a alfabetização científica prepara os futuros cidadãos, e entre eles os futuros cientistas, que podem adquirir valores e consciência democrática, respeito e zelo pelo meio ambiente, dentro de uma educação destinada a alcançar o desenvolvimento sustentável no planeta. Contribuindo para a formação na tomada de decisões informadas ao abordar os problemas ambientais e sociais, resolvendo problemas do cotidiano, melhorando a autoestima e autonomia, bem como o seu interesse crítico pela ciência, (FURIÓ *et al* 2001, p.366, tradução nossa).

Os meios de comunicação e, principalmente as escolas, podem contribuir para que a população tenha um melhor entendimento da Ciência. Assim, uma pessoa alfabetizada cientificamente:

[...] saberia, por exemplo, preparar adequadamente diluições de produtos domissanitários; compreender satisfatoriamente as especificações de uma bula de um medicamento; adotar profilaxia para evitar doenças básicas que afetam a saúde pública; exigir que as mercadorias atendam às exigências legais de comercialização, como especificação de sua data de validade, cuidados técnicos de manuseio, indicação dos componentes ativos; operar produtos eletroeletrônicos [...], posicionar-se em uma assembleia, [...] encaminhar providências junto aos órgãos públicos sobre problemas que afetam a sua comunidade em termos de ciência e tecnologia [...] implica a participação ativa do indivíduo na sociedade, em uma perspectiva de igualdade social (SANTOS, 2007, p. 480).

Dessa forma, estima-se que por meio da AC seja possível fazer uma conjugação mais contundente da prática cidadã, transformando cidadãos e cidadãs em pessoas mais hábeis no processo de tomada de decisões, já que a linguagem científica passa a ser utilizada como ferramenta cultural na compreensão e prática dentro da cultura moderna.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi possível identificar e caracterizar as relações entre meio ambiente, alfabetização científica e pobreza. O estudo baseou-se em uma abordagem dialética e dedutiva das questões associadas à pobreza, o que permitiu reconhecer as diversas relações que o ser humano mantém com os recursos do meio ambiente, de maneira a expandir ou restringir funcionamentos e capacitações importantes. Foi dada uma ênfase maior aos processos em que se configuram os nexos: meio ambiente, alfabetização científica e pobreza, considerando os aspectos que tornam os pobres mais vulneráveis às questões ambientais devido a sua maior sensibilidade, a sua proximidade com as áreas menos assistidas pelos poderes públicos, no qual os mesmos não atuam assiduamente como cidadãos de direitos e deveres. Assim sendo, as pessoas pobres são mais vulneráveis por perderem a capacidade de escolha e, por estarem em condição de submissão, acabam participando de alianças com grupos que não trarão necessariamente benefícios para toda a comunidade. Esses últimos aspectos estão relacionados às restrições sociais e econômicas em que

as pessoas pobres estão inseridas. A isso soma-se as limitações tanto educacionais quanto as de cuidados com a saúde, além de infraestrutura precária. Por outro lado, foi possível ilustrar alguns nexos entre meio ambiente, alfabetização científica e pobreza a partir de elucidaciones sobre a alfabetização científica. Por meio dos teóricos, demonstrou-se que realizações importantes para o bem-estar do ser humano e do meio ambiente, com práticas conscientes de proteção e preservação são possíveis. O que se percebe é que países pobres podem ser mais prejudicados pelas condições ambientais e pelos padrões de desenvolvimento dos países ricos, levando-se em consideração o consumo de bens. Os países desenvolvidos são os que mais usufruem de tal consumo, segundo as evidências apresentadas. Consequentemente, o processo de alfabetização científica propiciaria medidas da própria população, no combate à exclusão, além de inserir o cidadão nas discussões políticas sobre preservação e conservação consciente.

REFERÊNCIAS

ALIER, J. M. **Da economia ecológica ao ecologismo popular**. Editora da FURB, 1998, 402p.

_____. **O ecologismo dos pobres**. São Paulo: Contextos, 2007, 384p.

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. **Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação**. Revista Ciência & Educação, Bauru: UNESP, V. 7, n. 1, p. 15-27, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização Científico-Tecnológica para quê?** Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte: UFMG, v. 3, n. 1, p. 1-13, jun.2001.

BATISTELA, A. C.; BONETI, L. W. **A relação homem/natureza no pensamento moderno**. In: VIII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2008, Curitiba. Anais... Curitiba: EDUCERE, 2008. P. 1099-1116.

CAVENDISH, W. **Empirical regularities in the poverty-environment relationship of African rural households**. University of Oxford. Department of economics. 1999, 29p. Disponível em: <http://agritech.co.ke/images/pdfs/Website%20documents/Empirical%20Regularities%20in%20the%20Poverty-Environment%20Relationship_cavendish.pdf> Acessado em: 02/08/2014.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, São Paulo, v. 23, n.22, p. 89-100, 2003.

_____. **ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: questões e desafios para a educação**. 5. ed. Ijuí: Unijuí, 2011. 368p.

CORREA, E. M.. **Qual a Relação entre Pobreza e Meio Ambiente? Evidências e Reflexões desde uma Perspectiva Multidimensional do Bem-estar Humano**. In: III Conferência Latino Americana e Caribenha sobre Abordagem das Capacitações e Desenvolvimento Humano, 2010, Porto Alegre. III Conferência Latino Americana e Caribenha sobre Abordagem das Capacitações e Desenvolvimento Humano, 2010.

DEMO, P. **EDUCAÇÃO E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA**. Campinas: Papyrus, 2010, 160p.

FINCO, M. V. A. ; [WAQUIL, P. D.](#) ; [MATTOS, E. J.](#) . **Evidências da relação entre pobreza e degradação ambiental no espaço rural do Rio Grande do Sul**. Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 25, p. 249-275, 2004.

FOUREZ, G.A **Construção das Ciências: As lógicas das invenções científicas**. Lisboa: Instituto Piaget, 2008, 405p.

FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança: Um reencontro com a Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992, 127 p.

FURIÓ, C. *et al.* **Finalidade de la Enseñanza de las Ciencias em la Secundaria Obligatoria. ?Alfabetização Científica o Preparacion Propedéutica?** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 19, n. 3, p. 365-376, 2001. Disponível em: <<http://www.webs.uvigo.es/reec>>Acessado em 06/06/2014

GIL-PÉREZ, D. E VILCHES-PEÑA, A., **Educación Ciudadania y Alfabetización Científica: Mitos y Realidades**. Revista Iberoamericana de Educación, Madrid – Espanha, n. 42, p. 31-53, 2006.

GONÇALVES, J. C.; **Homem-Natureza: Uma relação conflitante ao longo da história.** Revista Saber Acadêmico, Presidente Prudente: UNIESP, N. 06, p. 171-177, Dez. 2008.

HAYES, A; NADKARNI, M. V. **Poverty, Environment and Development.** Studies of four countries in the Asia Pacific Region. UNESCO, 2001, 279p.

HONNETH, A.. **Luta por reconhecimento: a gramática moral dos conflitos sociais.** São Paulo: Ed. 34, 2003, 291 p.

LACERDA, G. **Alfabetização Científica e Formação Profissional.** Revista Educação & Sociedade, Campinas: CEDES, n. 60, p. 91-108, dez.1997.

LEMKE, J.L. **Investigar para el Futuro de la Educación Científica:** Nuevas Formas de Aprender, Nuevas Formas de Vivir. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006. Disponível em: <<http://www.webs.uvigo.es/reec>>

LEMONS, J. de J. S. **Mapa da exclusão social no Brasil:** Radiografia de um país assimetricamente pobre. Fortaleza: Banco do Nordeste S.A., 2005. 266p.

MORAIS, A. C. R.; **Meio Ambiente e Ciências Humanas.** 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1997. 100 p.

MORETTO, C. F. ; SCHONS, M. A.. **Pobreza e Meio Ambiente: evidências da relação entre indicadores sociais e indicadores ambientais nos estados brasileiros.** In: VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2007, Fortaleza. Governança Ambiental: implicações para o Semi-Árido brasileiro. Fortaleza: Unifor, 2007.

NASCIMENTO-SCHULZE, C. M. **Um estudo sobre alfabetização científica com jovens catarinenses.** Psicologia: Teoria e Prática, v. 8, n.1, p. 95-106, 2006.

NORRIS, Stephen P.; PHILLIPS, Linda M. **How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy.** Science Education, v. 87, n. 2, p. 224-240, 2003

OXFAM INTERNATIONAL. **Deixados para trás pelos G20?** Desigualdade e degradação ambiental ameaçam excluir os pobres dos benefícios do crescimento econômico. Disponível em:< <http://www.oxfam.org/>> Acessado em: 19/07/2014.

_____. **Los ingresos generados en un año por las 113 personas más ricas de Latinoamérica sacarían de la pobreza a 25 millones de personas.** Disponível em:< <http://www.oxfam.org/en/node/36624> > Acessado em: 19/07/2014.

PAUGAM, S. **A desqualificação social:** ensaio sobre a nova pobreza. São Paulo: Educ/Cortez, 2003, 331p.

PEREIRA, K. P. ; LOPES, J. L. . **POBREZA X DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: EXISTE CORRELAÇÃO? UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O PARANÁ.** In: VIII EPCT - Encontro de Produção Científica e Tecnológica, 2013, Campo Mourão. Anais do VIII EPCT - Encontro de Produção Científica e Tecnológica, 2013. p. 01-11.

PEREIRA, G. ; **SILVA, M. N. . Pobreza urbana e degradação ambiental: algumas reflexões sobre Curitiba, Brasil.** Cuadernos de Vivienda y Urbanismo (Instituto Javeriano de Vivienda y Urbanismo), v. 4, p. 122-135, 2012.

PIZZIO, A. . **As políticas sociais de reconhecimento como elemento de redução das desigualdades sociais.** Ciências Sociais Unisinos, v. 44, p. 80-86, 2008.

_____. **A esfera do trabalho como lócus de justiça social.** Ateliê Geográfico, Goiania, v. 7, n. 2, p. 283-309, 2013

POZO, J.I. **La Adquisición de Conocimiento Científico como um Processo de Cambio Representacional.** Revista Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre: UFRGS, v. 7, n.3, p.245-270, 2002.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES-PEÑA, A. **O Papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania.** Revista Ciência & Educação, Bauru: UNESP, v.13, n.2, p. 141-156, 2007.

REZENDE, M. J. . **As metas educacionais como eixos articuladores dos Relatórios do Desenvolvimento Humano.** Educação em Revista (UFMG. Impresso), v. 24, p. 289-316, 2013.

SANTOS, W.L.P dos. **Educação Científica na Perspectiva de Letramento como Prática Social: funções, princípios e desafios.** Revista Brasileira de Educação, São Paulo, v. 12, n.36, p. 474-550, set./dez. 2007.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estruturas e indicadores deste processo em sala de aula.** 267f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SOLERA, C. R. R. **Sete grandes debates sobre a desigualdade social in** Desigualdades da América Latina: Novas perspectivas analíticas. Orgs. CATTANI, A. D. e DIAS, L. M. – Porto Alegre: UFRGS, 2005, 260p.

SOUSA, J. **A gramática social da desigualdade brasileira.** Revista Brasileira de Ciências Sociais. V. 19, n. 54, p.79-97, 2004

_____. **A ralé brasileira: quem é e como vive.** Belo Horizonte: UFMG, 2009, 483p.

SOUZA, V. F. M.; SASSERON, L. H. **As Interações Discursivas no Ensino de Física: A promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos.** Revista Ciência & Educação, Bauru: UNESP, v.18, n.3, p. 593-611, 2012.

UNESCO. **Década da Educação das Nações Unidas para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014:** documento final do esquema internacional de implementação. – Brasília : UNESCO, 2005. 120p.

_____. **Educação um tesouro a descobrir:** Relatório para a UNESCO da comissão internacional sobre educação para o século XXI. – Brasília: UNESCO, 2010. 43p.

WALZER, J. P. **As esferas da justiça:** uma defesa do pluralismo e da igualdade. São Paulo; Martins Fontes, 2003, 502 p.

WANDERLEY, L. E. W. **A questão social no contexto da globalização: o caso latino-americano e o caribenho in** Desigualdade e a questão social. Orgs. BELFIORE-WANDERLEY, M.; BÓGUS, L. e YASBEK, M. C. – São Paulo: EDUC, 2000, 272p.

CULTIVO DE *CHLORELLA VULGARIS* EM VINHAÇA FILTRADA

THE GROWTH OF *CHLORELLA VULGARIS* IN FILTERED VNASSE

Camila Candido

Departamento de Botânica –
Universidade Federal de São
Carlos (UFSCAR) - São Carlos/SP –
Brasil

cacandido90@gmail.com

Lombardi, A.T.

Lima, M.I.S.

RESUMO

A vinhaça é um efluente da produção de etanol e seu descarte acarreta problemas para as usinas sucroalcooleiras. Devido à riqueza em nutrientes, ela é reutilizada no solo no cultivo da cana-de-açúcar, de acordo com limites impostos pela legislação. Considerando que o cultivo de microalgas requer meio rico em nutrientes, a vinhaça pode ser promissora para tal finalidade, excetuando-se seu baixo pH e alta turbidez. A filtragem em argila tipo esmectita e carvão ativado reduziu a turbidez da vinhaça em 65% e elevou o pH de 4,5 para 5,4. O cultivo da alga *Chlorella vulgaris* em concentrações de 20%, 30% e 40% de filtrado diluído em água destilada mostrou que as maiores taxas de crescimento (0,563 - 0,526 dia⁻¹) foram obtidas a 30% - 40%, enquanto não houve crescimento em qualquer concentração testada de vinhaça bruta. Esses resultados são um avanço no uso de resíduos para o cultivo de microalgas.

Palavras chave: microalgas; efluentes; filtragem

ABSTRACT

Sugar cane vinasse is a residue generated from ethanol production and its disposal is a problem for the producers. Due to its high nutrients content, it is used as fertilizer in the soil of the sugarcane crop, according to limits imposed by legislation. Vinasse can be used for the growth of microalgae, but because of its high turbidity and low pH, the growth of photosynthetic organisms is difficult. So, vinasse was treated before its use as microalgae culture medium. Smectite clay and activated carbon were used as filtering agents and resulted in approximately 65% decrease of vinasse turbidity and increased its pH, from pH 4.5 to 5.4. We tested several dilutions of the filtrate and quantified the growth parameters of *Chlorella vulgaris* at vinasse concentrations of 20%, 30% and 40% of the filtrate that was diluted with distilled water. The results showed better growth rates in 30 – 40% vinasse (0.563 – 0.526 day⁻¹); no algae growth was obtained in vinasse in natura. The present results are an advance in the use of a residue produced in large quantity to support microalgae growth.

Keywords: microalgae; effluent; filtering

INTRODUÇÃO

No Brasil, a vinhaça é um resíduo oriundo da destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado para a produção de etanol e açúcar pelas indústrias sucroalcooleiras. São produzidos de 12 – 18 L de vinhaça por litro de etanol gerado (EMBRAPA, 2013). Com a expectativa de aumento da produção de álcool no país (BRASIL, 2007), a geração de vinhaça deverá aumentar.

A vinhaça constitui-se em líquido espesso, turvo e com elevada quantidade de material particulado, cujo descarte é controlado pela legislação devido a seu alto poder poluente, que é cerca de cem vezes maior do que o do esgoto doméstico (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007). O excesso de matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e grande quantidade de sais são os responsáveis pela carga poluente. Além disso, a temperatura elevada de geração desse resíduo é nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas receptoras (FREIRE; CORTEZ, 2000) e, por isso, antes de seu descarte ou aplicação, procede-se o resfriamento, que normalmente é feito de modo natural. Com base nessas características, em 29/11/1978, foram criadas as portarias nº 323 e 158 do extinto Ministério do Interior (BRASIL, 1978; BRASIL, 1980) proibindo seu lançamento em corpos d'água e obrigando as indústrias a buscarem por novas formas de descarte.

Esse resíduo é rico em nutrientes minerais como K, Ca e Mg (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007), essenciais ao desenvolvimento vegetal, mas sua composição varia conforme a origem (ROSSETO, 1987), sendo mais nutritiva quando originada do mosto de melaço, em comparação ao mosto de caldo de cana. Por suas propriedades nutritivas e conteúdo de materiais orgânicos, a vinhaça é usada na fertirrigação dos solos de cultivo da própria cana-de-açúcar, beneficiando as usinas (LUDOVICE; VIEIRA; GUIMARÃES, 2005). Entretanto, devido ao potencial poluidor da vinhaça ao solo e lençóis freáticos (JUNQUEIRA *et al.*, 2009), esse uso exige regulamentação e atualmente normas específicas (CETESB, 2015) são obedecidas. Portanto, novas formas para o uso e descarte da vinhaça são necessárias e vêm de encontro à necessidade de produções ecologicamente sustentáveis junto à preservação dos recursos hídricos.

Microalgas fotossintéticas necessitam de nutrientes minerais e luz para seu desenvolvimento, uma vez que é através da fotossíntese que se processa a incorporação do CO₂ em biomassa. Esses microrganismos formam a base de cadeias alimentares em ecossistemas aquáticos e, sendo o alimento natural para peixes e zooplâncton são os produtores desses ecossistemas, com grande importância na aquicultura (LOURENÇO, 2006). As microalgas fotossintéticas são produtoras de ácidos graxos poli-insaturados (FERREIRA *et al.*, 2013; CHIA *et al.* 2013; MINH HIEN *et al.*, 2014) e encontram inúmeras aplicações na indústria farmacêutica e de cosméticos, assim como alimentos funcionais. Segundo Borowitzka (2014), são também fonte de carotenóides, ficobilinas, polissacarídeos, vitaminas, esteróis e outras substâncias bioativas. Mas, apesar das várias aplicações, a produção de microalgas padece ainda de elevado custo e sua viabilidade comercial e industrial é restrita a poucas espécies, cujos produtos finais apresentam elevado valor agregado, tal como a microalga *Chlorophyceae Haematococcus pluvialis*, produtora do potente antioxidante carotenóide, a astaxantina (XAVIER *et al.*, 2014).

Uma das maneiras para baixar o custo de cultivos comerciais de microalgas é o uso de efluentes residuais como base para o meio de cultivo. Em pesquisa pioneira, Oliveira (1988) investigou o crescimento de *Chlorella vulgaris* em meio contendo vinhaça, mostrando a viabilidade de cultivo mixotrófico da espécie em culturas com até 0,3% de vinhaça. Mitra *et al.* (2012), usaram a mesma espécie algal e demonstraram sua capacidade mixotrófica em cultivo no sobrenadante de vinhaça oriunda do processamento de milho e em soro de leite de soja. Segundo os autores, o crescimento de *C. vulgaris* foi superior na vinhaça em comparação ao soro de leite de soja, além da porcentagem de lipídeos na biomassa também ser superior na vinhaça, indicando possibilidade de uso desse resíduo para a finalidade de crescimento algal.

Estudos recentes mostram o caráter promissor quanto ao uso de vinhaça para o cultivo de microalgas. Ramirez *et al.* (2014) cultivaram *Scenedesmus sp.* em diferentes concentrações de vinhaça e obtiveram crescimento algal em concentrações de até 40% de vinhaça. Os autores constataram que quanto maior era a concentração de vinhaça, mais

luz e maior temperatura eram requeridas. Colla *et al.* (2014) suplementaram o meio inorgânico Scholösser (SCHOLÖSSER, 1982) com até 5 mg.L⁻¹ de vinhaça oriunda da produção de álcool de beterraba, e obtiveram intensificação da produção de biomassa e da porcentagem proteica da microalga.

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a viabilidade do cultivo da microalga *Chlorophyta*, *Chlorella vulgaris* em vinhaça, de modo a aproveitar seu potencial nutritivo para a geração de biomassa rica em biomoléculas e, simultaneamente, minimizar o potencial poluidor do resíduo. Foi utilizada uma técnica de filtração de baixo custo como tratamento prévio da vinhaça. Os resultados mostraram que, melhorando as condições do efluente residual, a microalga foi cultivada com sucesso em vinhaça 30 - 40%, diluída com água destilada e sem o acréscimo de nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Tratamento da vinhaça

A vinhaça utilizada no trabalho foi coletada em final de safra na Usina da Serra – Unidade Cosan, município de Ibaté (SP). Na usina, o efluente é armazenado em tanques a céu aberto até ser utilizado pelas usinas na fertirrigação. Do tanque de armazenamento foi feita a coleta da vinhaça para posterior uso em laboratório.

Nesta pesquisa foram realizados cultivos da microalga *Chlorella vulgaris* em vinhaça filtrada e vinhaça *in natura*. A filtração da vinhaça foi feita usando-se sistemas elaborados com Erlenmeyers de 500 ml sob funil de vidro revestido internamente com papel de filtro. Como materiais adsorventes para a filtração da

vinhaça, foram usados carvão ativado (Synth, Brasil) e argila esmectita. Em um funil foi depositado 56 g (50 mL) de argila esmectita, preenchendo cerca de dois terços da altura do funil e, em outro recipiente, 13 g (50 mL) de carvão ativado, ambos usados na forma em que são comercializados. Após filtração em argila seguida da filtração em carvão, a turbidez do efluente foi quantificada em espectrofotômetro FEMTO Scan® 800 XI (Brasil), visto que quanto menor a turbidez, tanto mais luz será disponibilizada para as microalgas em cultura. Água destilada, transparência de 100%, foi usada para a calibração do espectrofotômetro.

Cultivo da microalga

A cepa de *Chlorella vulgaris* utilizada nos experimentos é mantida no banco de culturas do Laboratório de Biotecnologia de Algas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos e foi isolada de ambiente com alto conteúdo orgânico. A microalga foi cultivada em vinhaça filtrada e diluída em água destilada nas concentrações de 20%, 30% e 40% de vinhaça. As culturas foram mantidas em Erlenmeyers de 500 mL contendo 200 mL de vinhaça filtrada e diluída. Os tratamentos foram feitos com 3 réplicas experimentais e os frascos Erlenmeyers foram vedados com tampões de algodão e gaze, os quais permitem a troca gasosa, mas não a passagem de partículas. O cultivo controle foi feito usando-se meio de cultura sintético LC Oligo (AFNOR, 1980). Esse meio é recomendado para cultivo de microalgas unicelulares de água doce em testes de toxicidade laboratoriais (CETESB 1992; IBAMA, 1990). A vinhaça diluída e o

meio LC Oligo, usados como meio de cultura algal, foram submetidos à esterilização em micro-ondas. O procedimento para esterilização constou de aquecimento em forno micro-ondas (Electrolux, Brasil) em potência máxima por 7 min, tempo suficiente para a solução entrar em ebulição e assim permanecer durante dez segundos.

Após a esterilização, os frascos foram deixados em temperatura ambiente (23°C) durante 24 h e, então, inoculados com *C. vulgaris* em fase exponencial de crescimento tendo densidade inicial nos cultivos de 10⁵ células mL⁻¹. Toda manipulação da cultura foi realizada em cabine de fluxo laminar (VECO, Brasil) para evitar a contaminação e somente materiais estéreis entraram em contato com as culturas. Os cultivos foram mantidos em condições de temperatura e luminosidade controladas (23 ± 2°C e 150 µmol fótons

$m^{-2} s^{-1}$). Para o acompanhamento do crescimento algal, amostras foram retiradas a cada dois dias, fixadas com solução de lugol ácido e usadas para contagem de células em câmara de contagem de Fuchs Rosenthal sob microscópio óptico (Biofocus).

Foram elaboradas curvas do crescimento algal em função do tempo experimental, utilizando-se o programa Origin Pro 8.5, através das quais foram obtidos os valores de taxas de crescimento. As taxas de crescimento específicas foram geradas a partir de regressão linear na fase exponencial de crescimento

após plotar-se o logaritmo natural do número de células mL^{-1} na cultura. O coeficiente angular da equação de regressão linear representa a taxa de crescimento específica. Os valores médios das taxas de crescimento para cada tratamento com filtrado de vinhaça, vinhaça bruta e meio LC Oligo foram comparados estatisticamente pelos testes paramétricos ANOVA, que analisa significância entre diversas médias, e Tukey, que compara esses valores médios dois a dois, utilizando-se, para isso, o programa R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a filtragem da vinhaça através da combinação argila esmectita *Kets* seguida de carvão ativado foi positiva para a finalidade de cultivo algal, resultando em clareamento do efluente residual e aumento do pH da vinhaça, que passou de 4,43 para 5,41 após a filtragem. Com a combinação usada nesta pesquisa, obteve-se transparência de cerca 70% no filtrado de vinhaça em comparação com água destilada. De acordo com Marinho *et al.* (2011), o pH 5,41 é próximo ao necessário para o desenvolvimento de *Chlorella vulgaris*, a qual se desenvolve bem em pH neutro ou levemente ácido, com valores entre 5,0 e 7,0.

Segundo Silva e Ferreira (2008), as argilas tipo esmectita organofílicas podem ser utilizadas como

materiais adsorventes, pois exibem elevada capacidade de remover contaminantes hidrofóbicos presentes em soluções aquosas e, por isso são agentes promissores no auxílio do controle ambiental e na redução de lixiviação, fotodegradação e volatilização de herbicidas. As argilas esmectitas são comumente usadas como adsorventes para remoção de p-nitrofenol e p-clorofenol, compostos fenólicos usados na indústria farmacêutica e petroquímica (PAIVA *et al.*, 2008)

As figuras 1, 2 e 3 mostram as curvas de crescimento da microalga no meio de cultura LC Oligo (controle) e vinhaça filtrada e bruta, sendo que a figura 1 apresenta os resultados das vinhaças 20%, a figura 2, das vinhaças 30%, e a figura 3, das vinhaças 40%.

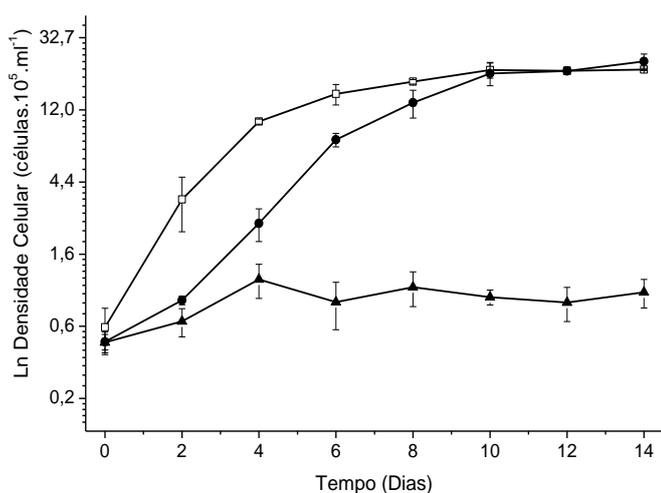


Figura 1: Logaritmo natural (Ln) dos valores médios de densidades celulares de *Chlorella vulgaris* em meio Oligo (Controle) (□), em filtrado de vinhaça 20% (●) e em vinhaça bruta 20% (▲).

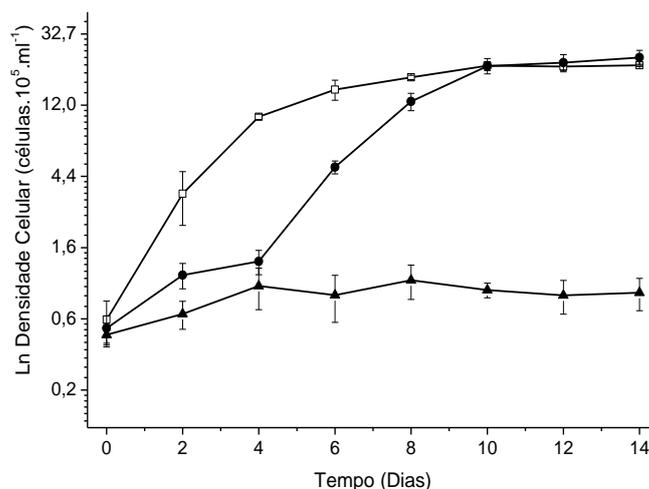


Figura 2: Logaritmo natural (Ln) dos valores médios de densidades celulares de *Chlorella vulgaris* em meio Oligo (Controle) (□), em filtrado de vinhaça 30% (●) e em vinhaça bruta 30% (▲).

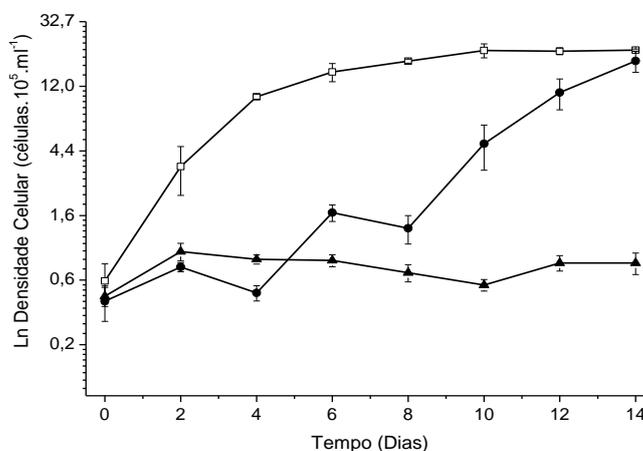


Figura 3: Logaritmo natural (Ln) dos valores médios de densidades celulares de *Chlorella vulgaris* em meio Oligo (Controle) (□), em filtrado de vinhaça 40% (●) e em vinhaça bruta 40% (▲).

A tabela 1 resume os valores médios das taxas de crescimento para cada um dos tratamentos controle, com vinhaça filtrada ou bruta nas concentrações testadas.

Tabela 1: Valores de taxas de crescimento (dia⁻¹) médios com seus respectivos desvios padrões para cada um dos tratamentos com vinhaça tratada ou bruta nas concentrações de 20%, 30% e 40%. Os controles corresponderam a 100% de Meio LC Oligo. Letras maiúsculas sobrescritas iguais indicam ausência de diferença significativa entre os valores.

Tratamento	20%	30%	40%
Meio LC Oligo	0,721 ^A ± 0,082 dia ⁻¹	0,721 ^A ± 0,082 dia ⁻¹	0,721 ^A ± 0,082 dia ⁻¹
Filtrado de Vinhaça	0,556 ^B ± 0,036 dia ⁻¹	0,563 ^B ± 0,014 dia ⁻¹	0,526 ^B ± 0,070 dia ⁻¹
Vinhaça bruta	0,215 ^C ± 0,064 dia ⁻¹	0,166 ^C ± 0,078 dia ⁻¹	0,141 ^C ± 0,026 dia ⁻¹

Esses resultados mostram não haver diferença significativa nas taxas de crescimento para as várias concentrações de vinhaça usadas, mas sim para a densidade final de células. Na vinhaça 30% foi obtida a maior densidade celular no meio de cultura, em comparação com as outras condições testadas. Foi observado que o crescimento da microalga na vinhaça bruta, ainda que diluída, foi 50% menor em comparação com a mesma concentração de vinhaça filtrada. Vários resultados na literatura têm mostrado o crescimento de microalgas em vinhaça diluída. Cultivando *Chlorella vulgaris* em vinhaça diluída (0,1%), Oliveira (1988) mostrou que houve crescimento da espécie nesse meio tanto em condições mixotróficas quanto heterotróficas, havendo melhora dos resultados com adição de ureia como fonte de nitrogênio. Entretanto, segundo a própria autora, essa composição do meio contendo o resíduo, apesar de vantajosa para o crescimento algal, não constitui uma maneira ambientalmente sustentável para o descarte da vinhaça pela baixa concentração utilizada.

Apesar de *Chlorella vulgaris* ser considerada uma espécie robusta (MARCHELLO, 2013), sendo usada para o tratamento de efluente secundário de esgoto doméstico (ALVES, 2011), seu crescimento na vinhaça deu-se majoritariamente após a filtração e diluição do resíduo, concordando com a maioria dos resultados da literatura que indicam necessidade de tratamento prévio desse material. Marques (2013) apresenta um tratamento anaeróbio da vinhaça que otimiza o cultivo algal com a diluição de 25% em comparação à vinhaça sem tratamento. Já Mitra *et al.* (2012) conseguiram realizar o cultivo de *C. vulgaris* em sobrenadante de vinhaça de milho com elevadas quantidades de lipídeos gerados, utilizando para tanto o processo de decantação do material. Coca *et al.* (2014) conseguiram obter crescimento algal da mesma espécie com meio apenas suplementado com vinhaça, utilizando para isso quantidades bastante reduzidas do resíduo, de até 5 g. L⁻¹. Esses resultados confirmam que a vinhaça apresenta um potencial inibidor do crescimento algal devido a sua elevada toxicidade (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007).

As culturas de *C. vulgaris* mantidas em vinhaça diluída, qualquer que tenha sido sua concentração, apresentaram contaminação por fungos e bactérias, mostrando que a esterilização inicial em micro-ondas foi insuficiente para livrar o meio dos microorganismos heterotróficos. Rica em matéria orgânica, a vinhaça é ideal para o crescimento de microrganismos heterótrofos, já que utilizam compostos orgânicos como fonte de carbono (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007). Segundo Paula (2010) os microrganismos heterotróficos modificam a vinhaça tanto em termos qualitativos como quantitativos, pois são degradadores de materiais orgânicos, podendo liberar com isso elementos nutritivos inorgânicos.

Apesar dessa contaminação, constatou-se que o tratamento de filtração proposto neste trabalho possibilitou o crescimento de *C. vulgaris* em concentrações de vinhaça relativamente elevadas (de até 40%), se comparadas com os resultados da literatura aqui apresentados.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa apresenta resultados de aplicação de uma técnica simples e de baixo custo de tratamento de vinhaça que possibilita seu uso para o cultivo algal. A filtração da vinhaça por meios porosos com elevada capacidade adsorvente melhorou as condições de turbidez e pH do resíduo, sendo que os melhores resultados foram conseguidos com filtração sequencial através de argila tipo esmectita e carvão ativado. Após diluição do filtrado, atingindo concentração de vinhaça tratada de 30%, deu-se o melhor cultivo e rendimento da microalga. Nessa condição, o rendimento final em 10 dias de cultivo foi de $2,2 \cdot 10^6$ células.ml⁻¹, com taxa de crescimento de 0,563 dia⁻¹.

REFERÊNCIAS

- AFNOR – Association Française of Normalization. **Essais des eaux**. Determination of inhibition of *Scenedesmus subspicatus* par une substance. Norme Experimentale T90-304, 1980.
- ALVES, L.S. **Aplicação de microalgas na remoção de nutrientes de efluente sanitário**. Trabalho de Conclusão do Curso. Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba. 42 p. 2011.
- BRASIL. Ministério do Interior. Portaria nº 323, de 29 de novembro de 1978. [Proíbe o lançamento de vinhoto em coleções de água]. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília/ DF. Seção 1, p. 19456, 1978. Disponível em: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/bra14330.pdf>. Acessado em: 15. dez. 2015.
- BRASIL. Ministério do Interior. Portaria nº 158, de 03 de novembro de 1980. [Mantém proibição de lançamento direto ou indireto de vinhoto em qualquer coleção hídrica]. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília/DF. Seção 1, p. 22250, 1980. Disponível em: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/bra14334.pdf>. Acessado em: 15. dez. 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanço da Cana-de-Açúcar e Agroenergia Nacional**. MAPA/SPA, Brasília, 140 p., 2007.
- BOROWITZKA, M.A. Tyge Christensen Prize 2012. **Phycologia**: v.. 53, n. 6, pp. 657-658, 2014.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos**. São Paulo: CETESB, 1992.
- CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. 15 p., 3ª ed., 2ª versão, 2015. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/P4.231_Vinha%C3%A7a_-Crit%C3%A9rios-e-procedimentos-para-aplica%C3%A7%C3%A3o-no-solo-agr%C3%ADcola-3%C2%AA-Ed-2%C2%AA-VERS%C3%83O.pdf. Acessado em: 15.dez.2015.
- CHIA, M. A.; LOMBARDI, A. T.; MELAO, M. D. G. G.; PARRISH, C. C. Lipid composition of *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae) as a function of different cadmium and phosphate concentrations. **Aquatic Toxicology**, n. 128, pp. 171-182, 2013.
- COCA, M.; BARROCAL, V. M.; LUCAS, S.; GONZÁLEZ-BENITO, G.; GARCÍA-CUBERO, M. T. Protein production in *Spirulina platensis* biomass using beet vinasse-supplemented culture media. **Food and Bioproducts Processing**, 2014.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica. **Processamento da cana-de-açúcar**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html. Acessado em: 19 mar. 2013.
- FERREIRA, S.P.; SOUZA-SOARES, L.; COSTA, J.A.V. Revisão: microalgas: uma fonte alternativa na obtenção de ácidos gordos essenciais. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 3, jul. 2013 .
- FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 203p., 2000.
- JUNQUEIRA, C. A. R.; MOLINA JUNIOR, V. E.; LOSSARDO, L. F.; FELICIO, B.C.; MOREIRA JUNIOR, O.; MENDES, R. M.; LORANDI, R. Identificação do potencial de contaminação de aquíferos livres por vinhaça na bacia do Ribeirão do Pântano, Descalvado (SP), Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 507-518, setembro de 2009.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manual de testes para avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos. Ministério do Interior. Secretaria Especial do Meio Ambiente. Secretaria de Tecnologia e Controle Ambiental. Coordenadoria de Toxicologia Ambiental. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis**. Brasília, p. 351, 1990.
- LOURENÇO, S.O. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. São Carlos: RiMa, 606 p., 2006.

LUDOVICE, M. T. F.; VIEIRA, D. B.; GUIMARÃES, J. R. Infiltração de Vinhaça em Canal de Terra: Alteração do Teor de Matéria Orgânica e Sais no Solo e na Água, **Sociedade Brasileira de Química**, 2005.

MARCHELLO, A. E. **Cultivo de microalgas e redução de coliformes em efluente de tratamento anaeróbio**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), 2013.

MARINHO, Y. F.; SANTOS, A. P. F.; VASCONCELOS, R. F. L.; KALAZANS, N. K. F.; NASCIMENTO, R. D. M.; DANTAS, D. M. M.; GÁLVEZ, A. O. Avaliação do crescimento da *Chlorella vulgaris* em diferentes pH objetivando sua inserção na matéria prima do biodiesel. Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco. **Anais**. Recife / PE, 2011.

MARQUES, S. S. I. **Microalgas como matéria-prima para geração de biocombustíveis: uso da vinhaça como alternativa de redução de custos e contribuição à sustentabilidade**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.

MINH HIEN, H. T.; TAM, L. T.; THOM, L. T.; HA, N. C.; HANH, L. H.; LAN ANH, H. T.; HONG, D. D. Study on total lipid and free fatty acids extraction from heterotrophic marine microalga *Schizochytrium mangrovei* PQ6. **Journal of Biology**, n. 35, v. 4, pp. 484-493, 2014.

MITRA, D.; VAN LEEUWEN, J. H.; LAMSAL, B. Heterotrophic/mixotrophic cultivation of oleaginous *Chlorella vulgaris* on industrial co-products. **Algal Research**, n. 1, v. 1, pp. 40-48, 2012.

OLIVEIRA, H. T. **Utilização de vinhaça como meio de cultura para *Chlorella vulgaris* (CCAP – 211 / 11b)**. Dissertação do Programa em Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), 1988.

PAIVA, L. D.; MORALES, A. R.; DÍAZ, F. V. Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização. **Cerâmica**, n. 54, v. 330, pp. 213-226, 2008.

PAULA, S. N. C. **Biomonitoramento como instrumento de detecção de contaminantes ambientais**. Monografia do Curso de MBA em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Veiga de Almeida, Vitória/ ES, 2010.

RAMIREZ, N. N. V.; FARENZENA, M.; TRIERWEILER, J. O.. Growth of microalgae *Scenedesmus* sp in ethanol vinasse. **Brazilian archivement biology technology**, Curitiba , v. 57, n. 5, 2014.

ROSSETTO, A. J. Utilização agronômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S.B. (ed.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: **Fundação Cargill**, v.2, p.435-504, 2007.

SCHLÖSSER, U.G. Sammlung von Algenkulturen. **Berichte der Deutschen Botanischen Gessellschaft**, v. 95, pp. 181-276, 1982.

SILVA, A. R. V.; FERREIRA, H. C. Esmectitas organofílicas: conceitos, estruturas, propriedades, síntese, usos industriais e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, p. 01-11. 2007.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de Vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Eng. Agrícola Ambiental**, v.11, n.1, p.108–114, 2007.

XAVIER, E. D. J.; AZEVEDO, J. M.; REIS, A.; TEVES, L.; MOTA, G.; NETO, A. I. Isolamento e seleção de estirpes locais de *Haematococcus pluvialis* Flotow para produção de astaxantina. **Biotecnologia**, n. 35, v. 5, 2014.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MÉTODOS EXPEDITOS DE DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS

PERFORMANCE EVALUATION OF METHODS FOR DETERMINATION OF RAIN EQUATIONS INTENSE

Karinnie Nascimento de

Almeida

Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, campus Goiabeiras, Vitória, ES.

kaka.nascimento05@gmail.com

José Antônio Tosta dos Reis

tosta@ct.ufes.br

Antônio Sérgio Ferreira

Mendonça

RESUMO

O conhecimento do regime de chuvas é de grande importância para tomada de decisão de controle de inundações. Contudo, densidades de pluviógrafos são muito deficientes em muitas regiões e séries de precipitações destes tipos de postos são muito mais curtas e menos confiáveis do que aquelas originadas por pluviômetros. A literatura indica alternativas expeditas para a determinação de intensidades pluviométricas, dentre as quais os métodos de Chow-Gumbel e de Bell. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho das equações de chuvas intensas estabelecidas pelos métodos de Chow-Gumbel e de Bell empregando o teste F de variâncias, assumindo-se nível de significância de 5%. Para a área de estudo os resultados indicaram que, para períodos de retorno superiores a 5 anos e durações superiores a 30 minutos, as equações de chuvas intensas determinadas pelos métodos expeditos praticamente equivalentes àquelas determinadas com auxílio de equações estabelecidas a partir de registros pluviográficos.

Palavras-chave: drenagem; chuvas intensas; chow-gumbel; bell; curvas intensidade-duração-frequência.

ABSTRACT

Knowledge about rainfall variation is very important for the decision-making process of flood control. However, automatic rain gauges' densities are very poor in many regions and rainfall series obtained by these types of equipments are much shorter and less reliable than those caused by manually operated rain gauges. The literature presents various methods for determination of rainfall intensities, including those denominated Chow-Gumbel and Bell. The study aimed to evaluate the performance of intensity-duration-frequency equations obtained by use of the Chow-Gumbel and Bell methods. For comparison of the results from the application of the different alternatives considered for the fitting of intensity-duration-frequency equations was used the F test of variance, assuming 5% significance level. For Bahia region stations, test results indicated that, for return periods longer than 5 years and durations above 30 minutes' equations determined by empirical methods usually produced rainfall intensities roughly equivalent to those determined with the aid of equations established from automatic rain gauge records.

Keywords: drainage; extreme rainfall; chow-gumbel; bell; intensity-duration-frequency curves.

INTRODUÇÃO

Chuvas intensas são fenômenos naturais geralmente caracterizados por fortes precipitações contínuas com curta duração. Esses fenômenos podem causar aumentos de vazões, produzindo inundações e/ou enchentes, com amplos efeitos negativos como perdas humanas e materiais, interrupção de atividades econômicas e sociais nas áreas inundadas, contaminação das águas, proliferação das doenças de veiculação hídrica e aceleração do processo de erosão dos solos (Cruciani et al., 2002).

O conhecimento das chuvas também é de grande interesse de ordem técnica para projetos de obras hidráulicas, sendo indispensável para dimensionamento de vertedores, galerias de águas pluviais, bueiros, calhas, sistemas de drenagem agrícola, urbana e rodoviária, canalização de córregos, dentre outros.

Monitoramento de precipitações por meio de rede de pluviógrafos confiável, durante período de tempo suficientemente longo e representativo, permite o estabelecimento de equações de chuvas intensas, conformando relação entre intensidade, duração e frequência das precipitações. Constituem exemplos de equações de chuvas intensas desenvolvidas a partir de registros pluviográficos as apresentadas nas publicações de Reich (1963), Chen (1983), Kothyari & Garde (1992), Alila (2000), Silva et al. (2002), Adadin (2005) e Singh & Zhang (2007).

Contudo, densidades de pluviógrafos são muito deficientes em muitas regiões e séries de precipitações obtidas por estes tipos de postos são muito mais curtas, com menores números de anos de medições, e menos confiáveis do que aquelas originadas por pluviômetros. Naquelas situações em que registros pluviográficos não existem ou estão disponíveis em séries de pequena extensão, os métodos expeditos que consideram dados obtidos por pluviômetros para estabelecimento de equações de chuvas intensas apresentam-se como as alternativas mais recorrentemente empregadas. Cabe observar que a falta de registros de longo período confiáveis obtidas por pluviógrafos é muito comum em muitas regiões brasileiras e da maioria dos países,

Dentre os métodos expeditos para determinação de equações de chuvas intensas, os métodos de Chow-Gumbel e de Bell destacam-se pela facilidade de aplicação. Esses métodos, que permitem a definição de equações a partir de séries históricas precipitações máximas anuais de um dia de duração – séries estabelecidas com auxílio de pluviômetros – e de coeficientes de conversão entre chuvas de diferentes durações, tem sido usualmente empregados no Brasil. Constituem exemplos de aplicação dos métodos de Bell e Chow-Gumbel em diferentes estados brasileiros os trabalhos de Oliveira et al. (2005), Santos et al. (2009), Cardoso et al. (2013), Campos et al. (2014) e Fachine et al. (2014).

No entanto, a qualidade das respostas das equações de chuvas intensas estabelecidas pelos métodos expeditos não tem sido verificada. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho dos métodos de Chow-Gumbel e de Bell quando da determinação de equações de chuvas intensas. Para a condução da avaliação proposta foram consideradas as equações de chuvas intensas definidas a partir de registros pluviográficos observados no estado da Bahia, estado com extenso território, que apresenta diferentes tipos climáticos e considerável variação no regime de precipitações.

REGIÃO DE ESTUDO

O Estado da Bahia está localizado na região Nordeste do Brasil. Possui área de 567.295 km², com abertura para o oceano Atlântico. Três tipos climáticos podem ser observados na Bahia: clima quente e úmido sem estação seca (Af, conforme sistema Köppen), clima quente e úmido com estação seca de inverno (Aw) e clima semiárido quente. O clima Af se estabelece ao longo do litoral, com temperaturas médias anuais de cerca de 23°C e totais pluviométricos superiores a 1.500mm. O clima Aw é característico do interior do Estado e apresenta temperaturas médias anuais que variam entre 18°C nas áreas mais elevadas e 22°C nas áreas mais baixas, com totais anuais de precipitação de aproximadamente 1000 mm. O tipo climático (BSh) é típico no norte do Estado e no vale do São Francisco, com temperaturas médias anuais que superam 24°C e totais anuais precipitados usualmente interiores a 700mm (Silva et al., 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

Equações de chuvas intensas estabelecidas a partir de registros pluviográficos

As equações de chuvas intensas disponíveis para o estado da Bahia foram estabelecidas por Silva et al. (2000) a partir dos registros de pluviógrafos que integram a rede hidro meteorológica da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). As referidas equações, juntamente com nome e localização das

estações pluviográficas e períodos de monitoramento, estão reunidas no Tabela 1. É relevante observar que Silva et al. (2000) não indicaram as faixas de aplicação referentes às durações ou períodos de recorrência associados as equações reunidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estações pluviográficas e equações de chuvas intensas para o Estado da Bahia

Estações	Município	Altitude (m)	Latitude S (GMS)	Longitude W (GMS)	Período	Equação
Argoim	Rafael Jambeiro	159	12°35'06"	39°31'06"	1988-1995 1997-1999	$i = \frac{8999,0 \cdot T^{0,245}}{(t + 56,068)^{1,119}}$
Brotas de Macaúbas	Brotas de Macaúbas	837	12°00'13"	42°37'42"	1988-1999	$i = \frac{4210,017 \cdot T^{0,192}}{(t + 32,453)^{1,042}}$
Cândido Sales	Cândido Sales	676	15°30'18"	41°13'45"	1988-1999	$i = \frac{2828,391 \cdot T^{0,204}}{(t + 34,463)^{0,956}}$
Carinhanha	Carinhanha	440	14°18'16"	43°46'05"	1981- 1986 1989-1999	$i = \frac{2718,147 \cdot T^{0,214}}{(t + 21,193)^{0,978}}$
Fazenda Porto Alegre	Cocos	500	14°16'06"	44°31'18"	1981- 1986 1989-1999	$i = \frac{2500,0 \cdot T^{0,184}}{(t + 34,478)^{0,902}}$
Fazenda Refrigério	Ibipeba	489	11°21'22"	42°16'26"	1988-1999	$i = \frac{3950,0 \cdot T^{0,222}}{(t + 33,862)^{1,028}}$
Formosa do Rio Preto	Formosa do Rio Preto	488	11°03'00"	45°12'00"	1987-1999	$i = \frac{1719,054 \cdot T^{0,174}}{(t + 20,021)^{0,865}}$
Ipiaú	Ipiaú	142	14°10'15"	39°41'23"	1991-1994 1996-1999	$i = \frac{2194,929 \cdot T^{0,232}}{(t + 32,891)^{0,882}}$
Itamaraju	Itamaraju	80	17°02'43"	39°32'37"	1975-1986 1988-1999	$i = \frac{4032,860 \cdot T^{0,211}}{(t + 28,605)^{1,060}}$
Itapebi	Itapebi	80	15°57'39"	39°31'34"	1975-1986	$i = \frac{3586,593 \cdot T^{0,204}}{(t + 39,135)^{0,987}}$

Estações	Município	Altitude (m)	Latitude S (GMS)	Longitude W (GMS)	Período	Equação
Ituberá	Ituberá	114	13°48'38"	39°10'09"	1989-1999	$i = \frac{3228,481 \cdot T^{0,207}}{(t + 45,386)^{0,948}}$
Juazeiro	Juazeiro	370	09°24'20"	40°30'12"	1988-1999	$i = \frac{5592,554 \cdot T^{0,242}}{(t + 40,039)^{1,093}}$
Medeiros Neto	Medeiros Neto	180	17°22'33"	40°13'17"	1975-1986 1988-1999	$i = \frac{6899,271 \cdot T^{0,227}}{(t + 40,913)^{1,107}}$
Ponte Serafim	Barreiras	713	11°53'46"	45°36'43"	1987-1999	$i = \frac{4073,933 \cdot T^{0,181}}{(t + 27,902)^{1,073}}$
Santa Cruz da Vitória	Santa Cruz da Vitória	243	14°57'32"	39°48'27"	1988-1999	$i = \frac{3450,0 \cdot T^{0,239}}{(t + 34,012)^{0,989}}$
Santa Maria da Vitória	Santa Maria da Vitória	437	13°24'02"	44°11'51"	1988-1989 1991-1999	$i = \frac{2873,405 \cdot T^{0,216}}{(t + 29,656)^{0,946}}$
Teodoro Sampaio	Teodoro Sampaio	116	12°18'01"	38°38'38"	1988 1991-1999	$i = \frac{5850,0 \cdot T^{0,212}}{(t + 51,820)^{1,021}}$

FONTE: SILVA ET AL. (2000)

Registros pluviométricos

Para o estabelecimento de equações de chuvas intensas a partir dos métodos de Chow-Gumbel e de Bell foram utilizados registros pluviométricos disponíveis na base de dados gerenciada pela Agência Nacional das Águas (ANA). Foram manipuladas séries históricas consistidas de totais diários de precipitação, registrados em estações pluviométricas instaladas nas mesmas coordenadas geográficas ou municípios das

estações pluviográficas empregados por Silva et al. (2000), quando da definição das equações apresentadas na Tabela 1. Para a manipulação das séries históricas selecionadas, correspondentes aos mesmos períodos indicados na Tabela 1, foi empregado o programa computacional HIDRO, programa de domínio público produzido e disponibilizado pela ANA.

Métodos expeditos para determinação de equações de chuvas intensas

Método de Chow-Gumbel

A aplicação do Método de Chow-Gumbel, detalhadamente apresentado e discutido por CETESB (1986), envolveu a seguinte sequência de atividades:

Seleção das máximas precipitações anuais de 1 dia duração;

Análise de frequências dos totais precipitados com ajuste da distribuição probabilística de Gumbel à série de máximas precipitações anuais de 1 dia. Dessa forma, foram estimadas as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno. Foram considerados períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 75 e 100 anos.

Obtenção, a partir dos totais precipitados de 1 dia, das precipitações para durações de 24 horas. Conforme observa CETESB (1986), a relação entre as chuvas

máximas de 24 horas e 1 dia é aproximadamente constante, oscilando em torno do valor de 1,14 (os coeficientes de conversão variam entre 1,13 e 1,15, dependendo do período de retorno). No presente trabalho foi utilizado 1,14 como fator de conversão.

Determinação, a partir da avaliação da chuva com duração de 24 horas, das chuvas com mesma frequência de ocorrência, mas de menor duração. Nesta etapa do trabalho foram empregados os fatores de conversão apresentados na Tabela 2, conforme CETESB (1986).

Estabelecidas as aturas pluviométricas associadas a diferentes períodos de retorno e durações, as intensidades foram produzidas como simples relações entre as referidas alturas e durações;

Definição de equações de chuvas intensas no formato estabelecido pela equação (01).

$$i = \frac{K \cdot T^a}{(t+b)^c} \quad (01)$$

Na equação (01), i representa a intensidade máxima média (mm/minuto), T o período de retorno (anos), t a duração (minutos) e k , a , b e c são os parâmetros que localmente se deseja determinar. O ajuste do modelo estabelecido por meio da equação (01) foi realizado com auxílio da Programação Não Linear (PNL), aplicada, neste trabalho, com auxílio do programa Solver, disponível na Planilha Microsoft Excel®. Para

aplicação da PNL estabeleceu-se uma função objetivo que buscou minimizar o erro total entre os valores de intensidade pluviométrica estimados a partir das etapas de 1 a 5 ($i_{\text{Método}}$) e as intensidades estimadas com auxílio da equação (01) ($i_{\text{Equação}}$), conforme equação (02). Os parâmetros k , a , b e c constituíram as variáveis de decisão do problema de otimização, com valores pertencentes ao conjunto \Re^+ .

$$\min f_o = \sum_T \sum_t (i_{\text{Método}} - i_{\text{Equação}}) \quad (02)$$

Para a garantia de determinação do ótimo global – neste trabalho, o menor valor possível para o somatório dos erros – foram testados diferentes valores iniciais para os parâmetros a , b , c e k . De uma tentativa para outra, os valores iniciais dos referidos

parâmetros foram aleatoriamente modificados em, no mínimo, uma ordem de grandeza. O processo de otimização conduzido com auxílio da PNL foi repetido no mínimo 10 (dez) vezes.

Tabela 2 - Relação entre as alturas pluviométricas para precipitações de mesma frequência e diferentes durações.

Relação entre as alturas pluviométricas	Coefficientes de conversão
5 min / 30 min	0,34
10 min / 30 min	0,54
15 min / 30 min	0,70
20 min / 30 min	0,81
25 min / 30 min	0,91
30 min / 1 h	0,74
1h / 24 h	0,42
6h / 24 h	0,72

FONTE: CETESB (1986)

Método de Bell

O Método de Bell estima a altura pluviométrica produzida por uma precipitação com duração t e período de retorno T a partir de uma chuva intensa padrão de 60 minutos de duração e 2 anos de período de retorno ($h_{60,2}$), conforme equação (03).

$$h_{t,T} = (a_0 \cdot \ln T + a_1) \cdot (a_2 \cdot t^b - a_3) \cdot h_{60,2} \quad (03)$$

Na equação (03) a_0 , a_1 , a_2 , a_3 e b constituem parâmetros regionais. Conforme Righetto (1998), os referidos parâmetros foram estimados a partir da manipulação de informações pluviográficas de postos instalados em diferentes regiões do País, permitindo a conformação da equação (04).

$$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,70) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot h_{60,2} \quad (04)$$

Righetto (1998) sugere, adicionalmente, que o valor de $h_{60,2}$ pode ser obtido a partir da precipitação máxima diária associada ao período de retorno de 2 anos, conforme expressão (05).

$$h_{60,2} \cong 0,51 \cdot h_{\text{dia},2} \quad (05)$$

Neste trabalho, a precipitação máxima diária associada ao período de retorno de 2 anos foi apropriada a partir do emprego da distribuição probabilística de Gumbel.

Análise estatística

Para a comparação das respostas oferecidas pelas equações de chuvas intensas determinadas pelos métodos de Chow-Gumbel e de Bell com as equações de chuvas intensas determinadas por Silva et al (2002) foi empregado o teste F de variância, detalhadamente apresentado e discutido por Levine et al. (2005). A equação (06) define a estatística do teste F para a equivalência entre duas variâncias.

$$F_{\text{est}} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (06)$$

Na equação (06), S_1^2 e S_2^2 representam as variâncias da primeira e segunda amostras, respectivamente. A primeira amostra é definida como a amostra que possui a maior variância dentre as amostras objeto de comparação (Levine et al., 2005). Neste estudo, as amostras foram formadas por intensidades de precipitações estimadas pelas diferentes equações de chuvas intensas, para um mesmo valor de duração (t) e período de retorno (T), no grupo de estações pluviométricas consideradas.

Para um determinado nível de significância, a hipótese nula de igualdade entre variâncias de duas amostras é conformada pela equação (07). A hipótese alternativa de que as variâncias para as duas populações não são iguais, por sua vez, é definida pela equação (08). A hipótese nula será rejeitada se a estatística do teste (F_{est}) for maior do que o valor crítico da distribuição F ($F_{\text{crítico}}$). Portanto, a regra de decisão é estabelecida pela equação (09). Os valores críticos da distribuição F são tabelados e dependentes dos graus de liberdade nas duas amostras objeto de comparação e do nível de significância adotado.

$$H_0: S_1^2 = S_2^2 \quad (07)$$

$$H_1: S_1^2 \neq S_2^2 \quad (08)$$

$$\text{Rejeitar } H_0 \text{ se } F_{\text{est}} > F_{\text{crítico}} \quad (09)$$

Como no presente trabalho foram conduzidas análises pareadas a aplicação do teste F exigiu, adicionalmente, que a probabilidade de F_{est} ser menor que o $F_{\text{crítico}}$ fosse maior que o nível de significância adotado. Neste trabalho, assumiu-se para o nível de significância de 5%.

A comparação das respostas de pares de equações de chuvas intensas foi realizada para grupos de intensidades pluviométricas associadas aos períodos de retorno de 2, 10, 20, 50 e 100 anos e durações de 5, 30, 240, 720 e 1440 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 3 reúne as equações de chuvas intensas estabelecidas com auxílio dos métodos de Chow-Gumbel e de Bell. A Figura 1, por sua vez, apresenta as intensidades pluviométricas estimadas para diferentes períodos de retorno e durações na estação de Cândido Sales, consideradas as equações de chuvas intensas estabelecidas por Silva et al. (2000) (Tabela 1) e com auxílio dos métodos de Chow-Gumbel e de Bell (Tabela 3). Gráficos semelhantes foram produzidos para as demais estações pluviométricas objeto de análise.

Tabela 3 - Equações de chuvas intensas estabelecidas para o estado da Bahia a partir dos métodos expeditos de Chow-Gumbel e de Bell

Estação	Método expedito de determinação das equações de chuvas intensas	
	Chow-Gumbel	Bell
Argoim	$i = \frac{594,163 \cdot T^{0,263}}{(t + 2,693)^{1,714}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 27,43$
Brotas de Macaúbas	$i = \frac{533,252 \cdot T^{0,182}}{(t + 2,482)^{1,706}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 30,88$
Cândido Sales	$i = \frac{619,594 \cdot T^{0,158}}{(t + 2,456)^{1,704}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 37,50$
Carinhanha	$i = \frac{594,036 \cdot T^{0,199}}{(t + 2,321)^{1,7}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 35,01$
Fazenda Porto Alegre	$i = \frac{714,138 \cdot T^{0,193}}{(t + 2,436)^{1,704}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 41,17$
Fazenda Refrigério	$i = \frac{496,594 \cdot T^{0,179}}{(t + 2,456)^{1,704}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 29,35$
Formosa do Rio Preto	$i = \frac{700,575 \cdot T^{0,175}}{(t + 2,469)^{1,705}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 41,63$
Ipiaú	$i = \frac{637,106 \cdot T^{0,210}}{(t + 2,428)^{1,706}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 35,63$
Itamaraju	$i = \frac{570,618 \cdot T^{0,161}}{(t + 2,445)^{1,703}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 34,58$
Itapepi	$i = \frac{629,644 \cdot T^{0,198}}{(t + 2,527)^{1,710}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 34,40$
Ituberá	$i = \frac{848,135 \cdot T^{0,201}}{(t + 2,545)^{1,710}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 46,35$
Juazeiro	$i = \frac{494,721 \cdot T^{0,206}}{(t + 2,535)^{1,709}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 26,82$
Medeiros Neto	$i = \frac{619,63 \cdot T^{0,173}}{(t + 2,461)^{1,704}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 37,09$
Ponte Serafim	$i = \frac{601,039 \cdot T^{0,168}}{(t + 2,465)^{1,704}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 36,10$
Santa Cruz da Vitória	$i = \frac{719,832 \cdot T^{0,222}}{(t + 2,507)^{1,709}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 38,29$
Santa Maria da Vitória	$i = \frac{667,649 \cdot T^{0,201}}{(t + 2,40)^{1,703}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 38,17$
Teodoro Sanpaio	$i = \frac{720,734 \cdot T^{0,212}}{(t + 2,457)^{1,706}}$	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,7) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 39,49$

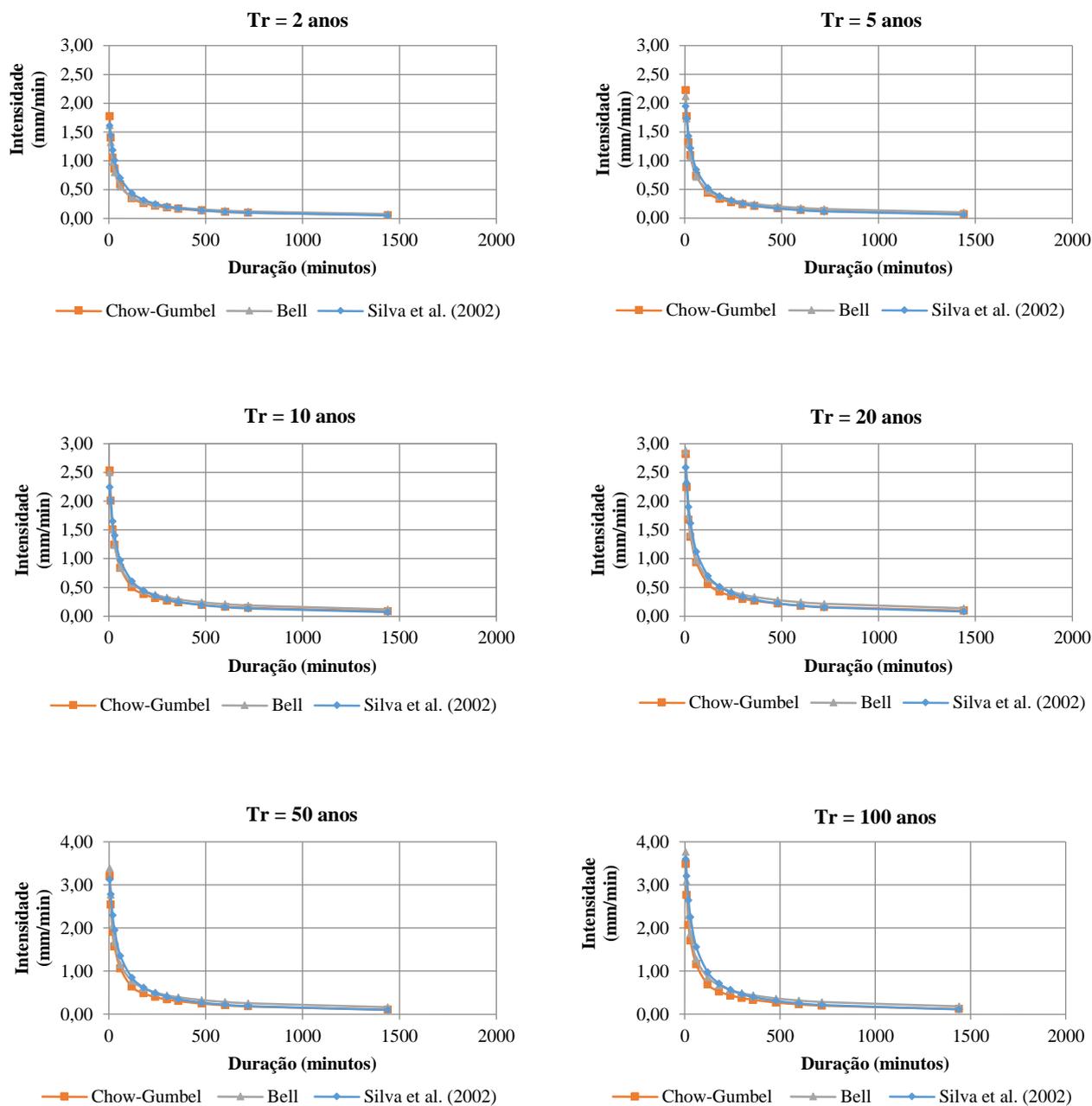


Figura 1 - Intensidades pluviométricas associadas à estação de Cândido Sales

As equações de chuvas intensas associadas ao método de Chow-Gumbel foram obtidas a partir da minimização da função objetivo estabelecida pela expressão (02). Com auxílio da PNL, a função objetivo (equação (02)) foi minimizada a partir da variação dos parâmetros a , b , c e k . Ainda que o procedimento metodológico tenha estabelecido um mínimo de 10 (dez) repetições para o procedimento de minimização,

os ótimos globais foram usualmente identificados nas 4 (quatro) primeiras tentativas.

A simples inspeção da Figura 1 – e das suas similares para as demais estações pluviométricas – permitiu observar que as maiores diferenças entre as intensidades pluviométricas foram observadas para precipitações de pequenas durações e associadas aos

menores períodos de retorno. Nestas condições de duração e frequência, os métodos expeditos produziram os maiores valores de intensidades pluviométricas nas estações de Argoim, Cândido Sales, Fazenda Porto Alegre, Formosa do Rio Preto, Ipiaú, Itapepi, Ituberá, Medeiros Neto, Ponte Serafim, Santa Cruz da Vitória, Santa Maria da Vitória e Teodoro Sampaio, subestimando intensidades apenas nas estações de Brotas de Macaúbas, Carinhanha, Fazenda Refrigário, Itamaraju e Juazeiro. É relevante observar que intensidades pluviométricas mais elevadas produzem estimativas de vazão mais conservadoras para a conformação de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações.

A análise estatística empregada para comparação das respostas de pares de equações de chuvas intensas, conduzida com auxílio do teste F de Variância, foi

realizada para períodos de retorno de 2, 10, 20, 50 e 100 anos e durações de 5, 30, 240, 720 e 1440 minutos. Nas Tabelas de 4 a 7 são sumarizados os resultados decorrentes da aplicação do Teste F de Variância para comparação pareada das respostas produzidas pelas equações propostas por Silva et al. (2000) e equações estabelecidas a partir dos métodos de Chow-Gumbel e Bell. Nas referidas tabelas, F_{est} representa o parâmetro apropriado quando do emprego do teste F de Variância, cujo valor deve ser menor que o $F_{crítico}$. É relevante observar que, na análise pareada, além da necessidade de que F_{est} seja menor que o $F_{crítico}$, a probabilidade de F_{est} ser menor que o $F_{crítico}$ ($P(F_{est} \leq F_{crítico})$) deve ser maior que o nível de significância adotado (5%) para que se possa indicar equivalência. As células em destaque nas tabelas indicam as combinações de alternativas de determinação de chuvas intensas que se apresentaram equivalentes.

Tabela 4 - Resultado da aplicação do teste F de variância para intensidades pluviométricas associadas ao período de retorno de 10 anos

Duração (minutos)	Métodos pareados	F_{est}^*	$F_{crítico}^{**}$	$P(F_{est} \leq F_{crítico})$
5	Gumbel – Bell	1,65	2,33	0,16
	Bell – Silva et al. (2000)	2,11	2,33	0,07
	Gumbel – Silva et al. (2000)	3,49	2,33	0,008
30	Gumbel – Bell	1,66	2,33	0,16
	Bell – Silva et al. (2000)	1,28	2,33	0,31
	Gumbel – Silva et al. (2000)	2,13	2,33	0,07
240	Gumbel – Bell	1,18	2,33	0,37
	Bell – Silva et al. (2000)	1,58	2,33	0,18
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,34	2,33	0,28
720	Gumbel – Bell	1,01	2,33	0,49
	Bell – Silva et al. (2000)	1,27	2,33	0,32
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,26	2,33	0,33
1440	Gumbel – Bell	1,22	2,33	0,35
	Bell – Silva et al. (2000)	1,21	2,33	0,35
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,48	2,33	0,22

Notas: * F_{est} : estatística do teste F para a equivalência entre duas variâncias, apropriado pela equação (6). ** $F_{crítico}$: valor crítico da distribuição F utilizado como limite para rejeição da hipótese nula.

Tabela 5 - Resultado da aplicação do teste F de variância para intensidades pluviométricas associadas ao período de retorno de 20 anos

Duração (minutos)	Métodos pareados	F_{est}^*	$F_{crítico}^{**}$	$P (F_{est} \leq F_{crítico})$
5	Gumbel – Bell	1,56	2,33	0,19
	Bell – Silva et al. (2000)	2,03	2,33	0,08
	Gumbel – Silva et al. (2000)	3,17	2,33	0,01
30	Gumbel – Bell	1,83	2,33	0,12
	Bell – Silva et al. (2000)	1,05	2,33	0,46
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,74	2,33	0,14
240	Gumbel – Bell	1,33	2,33	0,29
	Bell – Silva et al. (2000)	1,82	2,33	0,12
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,37	2,33	0,27
720	Gumbel – Bell	1,05	2,33	0,46
	Bell – Silva et al. (2000)	1,41	2,33	0,25
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,49	2,33	0,22
1440	Gumbel – Bell	1,08	2,33	0,44
	Bell – Silva et al. (2000)	1,39	2,33	0,26
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,51	2,33	0,21

Notas: * F_{est} : estatística do teste F para a equivalência entre duas variâncias, apropriado pela equação (6). ** $F_{crítico}$: valor crítico da distribuição F utilizado como limite para rejeição da hipótese nula.

Tabela 6 - Resultado da aplicação do teste F de variância para intensidades pluviométricas associadas ao período de retorno de 50 anos

Duração (min)	Métodos pareados	F_{est}^*	$F_{crítico}^{**}$	$P (F_{est} \leq F_{crítico})$
5	Gumbel – Bell	2,15	2,33	0,07
	Bell – Silva et al. (2000)	1,15	2,33	0,39
	Gumbel – Silva et al. (2000)	2,47	2,33	0,04
30	Gumbel – Bell	2,10	2,33	0,07
	Bell – Silva et al. (2000)	1,64	2,33	0,17
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,29	2,33	0,31
240	Gumbel – Bell	1,49	2,33	0,22
	Bell – Silva et al. (2000)	2,41	2,33	0,04
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,61	2,33	0,17
720	Gumbel – Bell	1,21	2,33	0,36
	Bell – Silva et al. (2000)	1,88	2,33	0,11
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,56	2,33	0,19
1440	Gumbel – Bell	1,03	2,33	0,48
	Bell – Silva et al. (2000)	1,59	2,33	0,18
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,54	2,33	0,20

Notas: * F_{est} : estatística do teste F para a equivalência entre duas variâncias, apropriado pela equação (6). ** $F_{crítico}$: valor crítico da distribuição F utilizado como limite para rejeição da hipótese nula.

Tabela 7 - Resultado da aplicação do teste F de variância para intensidades pluviométricas associadas ao período de retorno de 100 anos

Duração (min)	Métodos pareados	F _{est} [*]	F _{crítico} ^{**}	P (F _{est} ≤ F _{crítico})
5	Gumbel – Bell	2,32	2,33	0,05
	Bell – Silva et al. (2000)	1,20	2,33	0,36
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,93	2,33	0,10
30	Gumbel – Bell	2,27	2,33	0,06
	Bell – Silva et al. (2000)	2,31	2,33	0,05
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,02	2,33	0,49
240	Gumbel – Bell	1,61	2,33	0,17
	Bell – Silva et al. (2000)	3,07	2,33	0,02
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,90	2,33	0,10
720	Gumbel – Bell	1,30	2,33	0,30
	Bell – Silva et al. (2000)	2,32	2,33	0,05
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,78	2,33	0,13
1440	Gumbel – Bell	1,11	2,33	0,42
	Bell – Silva et al. (2000)	1,93	2,33	0,10
	Gumbel – Silva et al. (2000)	1,74	2,33	0,14

Notas: *F_{est}: estatística do teste F para a equivalência entre duas variâncias, apropriado pela equação (6). **F_{crítico}: valor crítico da distribuição F utilizado como limite para rejeição da hipótese nula.

A inspeção das tabelas indicou que as intensidades pluviométricas estimadas pelos métodos expeditos de determinação de chuvas intensas apresentaram-se equivalentes, considerando o nível de significância adotado neste estudo (5%), independentemente da duração ou período de retorno considerados.

A equivalência entre as intensidades pluviométricas estimadas a partir das equações definidas pelo método de Chow-Gumbel e aquelas apropriadas com auxílio das equações de chuvas intensas estabelecidas por Silva et al. (2000) foi observada para durações superiores a 30 minutos e períodos de retorno maiores que 10 anos. É relevante observar que o método de Chow-Gumbel é conduzido com auxílio de coeficientes de conversão entre chuvas de diferentes durações (Tabela 01), coeficientes que, a princípio, devem ser localmente determinados. No entanto, diferentes estudos têm demonstrado que os referidos coeficientes de conversão se apresentam similares em diferentes partes de mundo (Reich, 1963; Bell, 1969; Genovez & Zuffo, 2000). Bell (1969) observa, adicionalmente, que os coeficientes de conversão entre chuvas de diferentes intensidades independem do período de retorno, variável à qual estão associados erros médios que variam de 5 a 8%, da mesma ordem de grandeza daqueles decorrentes do processo de amostragem das chuvas.

A equivalência entre as intensidades pluviométricas estimadas pelo método de Bell e aquelas apropriadas com auxílio das equações de chuvas intensas estabelecidas por Silva et al. (2000) também foi observada para durações superiores a 30 minutos e períodos de retorno maiores que 10 anos. As únicas exceções a este padrão de resposta foram observadas para duração de 240 minutos e períodos de retorno de 50 e 100 anos.

Deve-se observar que, para a condução dos métodos expeditos de conformação de equações de chuvas intensas, foram considerados períodos de retorno entre 2 e 100 anos e coeficientes de desagregação de chuvas para durações específicas, cujos valores variaram de 5 a 1440 minutos. Entende-se que estas faixas de variação de frequência e duração estabelecem os limites para aplicação das equações definidas com auxílio dos métodos expeditos.

CONCLUSÕES

A inexistência de séries de precipitações pluviométricas de longo prazo confiáveis obtidas a partir de pluviógrafos para grande parte das regiões brasileiras e de muitos países demonstra a importância de estudos relacionados com ajuste de equações de chuvas intensas a séries obtidas a partir de pluviômetros.

Os métodos expeditos permitem a conformação de equações de chuvas intensas a partir de séries históricas de precipitações máximas diárias, séries estas que são estabelecidas a partir de monitoramentos sistemáticos de precipitações conduzidos com auxílio de pluviômetros. Na área de estudo considerada neste trabalho e a partir da adoção de um nível de significância de 5%, as intensidades pluviométricas apropriadas com auxílio dos métodos de Bell e Chow-Gumbel apresentaram-se equivalentes, independentemente da duração e do período de retorno considerados.

Ao nível de significância de 5%, as intensidades pluviométricas apropriadas com auxílio do método de Chow-Gumbel e com as equações produzidas por Silva et al. (2000) apresentaram-se equivalentes para durações superiores a 30 minutos e períodos de retorno maiores que 10 anos.

A equivalência entre as intensidades estimadas pelo método de Bell e a partir das equações produzidas por Silva et al. (2000) também foi observada para durações superiores a 30 minutos e períodos de retorno acima de 10 anos, excetuando-se a duração de 240 minutos e períodos de retorno de 50 e 100 anos.

As equivalências observadas neste estudo entre estimativas de intensidades de precipitações com equações intensidade-duração-frequência ajustadas a séries obtidas a partir de registros pluviográficos e pluviométricos de postos localizados na região Sul da Bahia e o fato das densidades de pluviômetros ser muito superiores às de pluviógrafos na quase totalidade das regiões do planeta, devido aos menores custos de operação e manutenção, conclui-se pela grande importância de realização de comparações similares às realizadas no presente estudo para outras regiões brasileiras e mundiais visando estimativas baseadas em séries de alturas pluviométricas diárias, que são, geralmente mais longas do que as séries pluviográficas.

REFERÊNCIAS

- ADADIN, N. A. Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationship in the Mujib Basin in Jordan. **Journal of Applied Sciences**, v. 5, p. 1777-1784, 2005.
- ALILA, Y. Regional rainfall depth duration frequency equations for Canada. **Water Resources Research**, v. 36, n. 7, p. 1767-1778, 2000.
- BELL, Frederick C. Generalized rainfall-duration-frequency relationships. **Journal of the Hydraulics Division**, v. 95, n. HY1, p. 311-327, 1969.
- CAMPOS, A. R.; SANTOS, G. G.; SILVA, J. B. L. Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p.488-498, 2014.
- CARDOSO, C. O.; BERTOL, I.; SOCCOL, O. J.; SAMPAIO, C. A. D. P. Generation of intensity duration frequency curves and intensity temporal variability pattern of intense rainfall for Lages/SC. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 2, p. 274-283, 2014.
- CETESB. **Drenagem Urbana – Manual de Projeto**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
- CHEN, C. Rainfall intensity-duration-frequency formulas. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 109, n. 12, p. 1603-1621, 1983.
- CRUCIANI, D.E.; MACHADO, R.E.; SENTELHAS, P.C. Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.76-82, 2002.
- FECHINE SOBRINHO, V.; RODRIGUES, J. O.; MENDONÇA, L. A. R.. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p.727-734, 2014.
- GENOVEZ, A. M. & ZUFFO, A. C. Chuvas intensas no Estado de São Paulo: Estudos existentes e análise comparativa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 45-58, 2000.
- KOTHYARI, U. C. & GARDE, R. J. Rainfall intensity-duration-frequency formula for India. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 118, n. 2, p. 323-336, 1992.
- LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.; KREHBIEL, T.C.; BERENSON, M.L. **Estatística – Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p.13-18, 2005.
- REICH, B. M. Short-duration rainfall-intensity estimates and other design aids for regions of sparse data. **Journal of Hydrology**, v. 1, n. 1, p. 3-28, 1963.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.
- SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C.; OLIVEIRA, L. F. C. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p.899-905, 2009.
- SILVA, D.D.; FILHO, R.R.G.; PRUSKI, F.F.; PEREIRA, S.B.; NOVAES, L.F. Chuvas intensas no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.362-367, 2002.
- SINGH, V. P., & ZHANG, L. IDF curves using the Frank Archimedean copula. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 12, n. 6, p. 651-662, 2007.

PROJETO URBANO LAGOAS DO NORTE: ESTRATÉGIA DE REQUALIFICAÇÃO DE UMA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

LAGOAS DO NORTE URBAN PROJECT: A REQUALIFICATION STRATEGY OF A PERMANENT PRESERVATION AREA

Lara Lopes

Arquiteta e urbanista, mestranda em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo-SP.

laracito@gmail.com

Gilda Collet Bruna

Arquiteta e Urbanista, Doutora e Livre-docente, e Professora do Programa de Pós em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo-SP

RESUMO

Este artigo discute o projeto “Lagoas do Norte” em Teresina-PI, como uma estratégia de intervenção e planejamento urbano em Área de Preservação Permanente. O estudo se faz, em primeiro momento, por referenciais sobre habitações em tais áreas de preservação. A partir disso, focaliza a ocupação urbana de Teresina de maneira a explicitar tal intervenção, que possui o objetivo final de preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida da população. Para que o projeto seja compreendido, expõem-se aqui os principais pontos que levaram à sua origem, como ocorreu a intervenção e quais resultados foram obtidos com sua finalização.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Ambiental; Projeto Lagoas do Norte; Rio Parnaíba; Teresina; requalificação urbana; remoção de pessoas.

ABSTRACT

This paper aims to provide a debate about the "Lagoas do Norte" project in Teresina-PI, as an intervention strategy and urban planning in Permanent Preservation Areas. Firstly, the study considers references about housing in such conservation areas. Then, it focuses on Teresina urban occupation in order to explain the intervention, which has the ultimate goal of environmental protection and the improvement of people's quality of life. For the project to be understood, the main points that led to its origin are shown here, as well as how the intervention took place, and what results were obtained with its completion.

Keywords: Environmental Preservation Areas; Lagoas do Norte Project; Parnaiba River; Teresina; urban requalification; removal of people.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem vivido um período de desenvolvimento econômico, desde o final da década de 1990. Esse crescimento, pode-se dizer, contou com a participação do setor imobiliário e com sua contribuição para a urbanização das cidades. No entanto, mesmo com os investimentos públicos no setor de desenvolvimento urbano, ainda hoje esse desenvolvimento é caracterizado por “disparidades socioespaciais, ineficiência e grande degradação ambiental” (ROLNIK e KLINK, p. 90, 2011).

No entanto, como mostra o Censo de 2010, a maioria da população brasileira - 84% - vive em centros urbanos e os problemas devido à ausência de infraestrutura, que se agravaram nos anos de 1960, com o crescimento desmedido consequente do processo de industrialização existente no país nesta época, continuam fazendo parte do cotidiano de muitos brasileiros (PÁDUA, 2011). O planejamento urbano do país não tem se mostrado eficiente em relação às demandas de toda a população, provocando perturbações na sociedade e no meio ambiente (TUCCI, 2006). Ainda segundo esse autor, a urbanização favorece o processo de inundações, devido à diminuição de área permeável com o consequente aumento do escoamento superficial, apesar dessas inundações ocorrerem “principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos, em média, com tempo de retorno¹⁰ superior a dois anos” (TUCCI, 2006, p.401) como mostra a Figura 1 (Fonte: TUCCI, 2006).

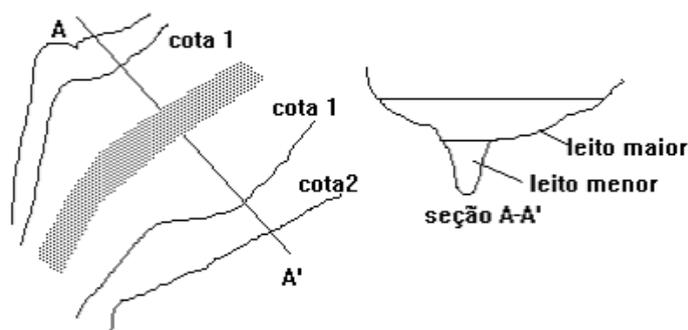


Figura 1: inundação de áreas ribeirinhas

Nesse cenário, é importante atentar para o fato de que grande parte da população se encontra sujeita a riscos ambientais em suas moradias e locais que frequenta, pois devido às desigualdades econômicas, aqueles que têm menor renda familiar acabam ocupando essas áreas de risco (JEANE, 2011).

Todavia, será que não há no país políticas públicas que proíbam a ocupação dessas várzeas, que são igualmente áreas de Preservação Permanente?

Para encontrar resposta a essa questão, pode-se consultar a Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012¹¹, que instituiu o código novo Código Florestal; de acordo com essa legislação, as margens de lagoas são áreas de preservação permanente, quer sejam cobertas ou não por vegetação nativa, como mostra seu Art 8º “a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei”.

¹⁰ Tempo de retorno é o período de tempo, em média, de recorrência da cheia (TUCCI, 2003).

¹¹ Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012: revoga a Lei Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, que instituiu o primeiro código florestal.

Afirma-se assim, que o objetivo do Código Florestal (legislação federal) é a conservação de florestas e sistemas naturais importantes para toda a população, conforme essa referência do Ministério da Agricultura¹².

Também a legislação Municipal, de acordo com sua Lei Complementar Nº 3.563, de 20 de outubro de 2006, aponta que as regiões das margens das lagoas em estudo são classificadas como Zona de Proteção 5, permitindo o uso da área apenas *“para serviços públicos de drenagem e saneamento e apoio ao transporte fluvial, de iniciativa ou concessão pública, condicionado à prévia aprovação do Conselho Municipal de Meio Ambiente – COMDEMA.”*

Verifica-se que essa legislação que instituiu as Áreas de Preservação Permanentes acompanhou propriamente o processo de urbanização no Brasil. Nesse contexto, essa lei não alcançou seus princípios quanto à preservação e proteção do meio ambiente, pois os vazios gerados em áreas ambientalmente frágeis, mesmo existindo impedimento por lei de suas ocupações, foram alvos de estabelecimentos humanos irregulares (JEANE, 2011).

No entanto, segundo Vargas (2008) as políticas públicas são necessárias, pois, de um lado devem facilitar a oferta de moradia digna a essa parcela menos favorecida da população, e de outro, que têm esse direito assegurado pelo At. 6º da constituição de 1988¹³. Assim sendo, tanto as políticas públicas de planejamento das cidades merecem ser implementadas, como também deve haver, por parte do governo, uma eficiente fiscalização.

Observa-se ainda que essas habitações existentes em áreas de preservação permanente tornam-se ameaças à própria preservação do meio ambiente pois, além de estarem sujeitas a inundações e desmoronamentos, como ocupações que não contam com serviços de saneamento básico, muito provavelmente são agentes da poluição, principalmente do solo e água. Desse modo, os estabelecimentos humanos em locais desprovidos de infraestrutura urbana, saneamento, coleta de lixo, drenagem de água pluvial, entre outros, deixa a própria população moradora dessas áreas vulnerável a problemas de saúde em consequência do processo de degradação ambiental e de poluição lá "instalados", comprometendo sua qualidade de vida (JEANE, 2011).

Como fazer então para oferecer saúde como qualidade de vida às populações de menor renda familiar, assentadas em áreas de preservação permanente?

Com foco nessa pergunta, de acordo com Minnicelli (2008), para que a área de APP seja preservada e cumpra com seu papel socioambiental, seria necessário reassentar essa população que ali habita, em uma área próxima, quando não for possível, na mesma gleba, com acesso aos serviços urbanos de saneamento básico. Desse modo seria possível preservar a vegetação e as matas ciliares, recuperando-as.

No entanto, resolver uma questão como essa não é tão fácil. Para França, (2012), um dos problemas é a falta de experiência daqueles que lideram os projetos urbanos. Normalmente, as pessoas responsáveis por esses projetos trabalham na retirada de moradores de locais passíveis a alagamentos, deslizamentos, sem saneamento, mas não sabem projetar habitações em lugares que precisam ser protegidos. Por isso, essa autora propõe como alternativa tornar esses locais salubres, sempre que possível, evitando a remoção das pessoas que ali habitam. Nesse caso, o perigo permanece devido à atração que essa população então instalada adequadamente em APP exerce sobre novos

¹² Código Florestal – WWF, Ministério da Agricultura, SOS FLORESTAS O CÓDIGO FLORESTAL EM PERIGO, Apoio WWF. 2011. In assets.wwfbr.panda.org/.../cartilha_codigoflorestal_20012011.pdf; acesso em 19/11/2014.

¹³ Art. 6º da Constituição de 1988: São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 64, de 2010).

moradores. Como consequência, observa-se um aumento da ocupação de APPs o que, na realidade, significa que a floresta (áreas de preservação) continua a ser devastada.

Nos casos de reassentamento, além da devastação das florestas, o que acontece muitas vezes, segundo Freitas (2002), entre outros aspectos, os empreendimentos habitacionais são mal planejados, com condições precárias de infraestrutura, baseados em análise socioeconômica insuficiente. Assim, contribuem para a formação de áreas degradadas ambientalmente no local da intervenção. Portanto, há uma piora da qualidade de vida desses moradores, além do surgimento de custos desnecessários para o Poder Público.

Nessa análise, destaca-se que qualquer empreendimento habitacional precisa contar com os serviços de infraestrutura que atendam às necessidades de seus moradores. Nesse contexto, questiona-se a situação de APPs na cidade de Teresina, cuja discussão será apresentada mais adiante.

O processo de urbanização em Teresina-PI

Como a maioria das cidades brasileiras, na última década do século XX Teresina apresentou muitos contrastes sociais, trazendo efeito negativo sobre a qualidade de vida de sua população, principalmente em relação às APPs, que não devem ser destruídas, mas preservadas. No entanto esse fenômeno urbano precisa ser compreendido, ao que se propõe Lima (2011), mostrando como a urbanização cresceu desordenadamente, gerando conflitos de uso e ocupação do solo:

“Em Teresina, essa dinâmica desigual está enraizada na sua própria formação histórica, já que cresceu sob assimetrias profundas, expressas, de forma dramática, na década de 80, quando aumentaram os conflitos pela apropriação e uso do solo urbano. Para isso concorreu, entre outros fatores, a inadequação dos instrumentos urbanísticos perante a complexa realidade social, forjada na urbanização acelerada registrada desde os anos 70, sem mencionar a ausência de políticas públicas para o enfrentamento da questão urbana” (LIMA, 2011, p.7).

Esse autor, como se depreende de seu texto, afirma que a cidade enfrentou a ausência de políticas públicas

na década de 1970. No entanto, Bellen e Trevisan (2008) reconhecem a existência de uma agenda pública já naquela época, estruturada em torno de questões relativas ao modelo de desenvolvimento brasileiro, que deveria ter como foco o arranjo institucional: descentralização, participação, transparência e redefinição da parceria público-privado na política. Mas não foi isso que ocorreu. Destaca-se que a cidade de Teresina, conhecida inicialmente como Vila Velha do Rio Poti, teve como primeira localização a confluência dos rios Parnaíba e Poti, como mostra a figura 2. Nos primeiros anos de 1850, a mudança da capital do estado de Oeiras para Teresina, em localização estratégica territorialmente em cota acima do nível do rio — situando-se perto do Rio Parnaíba, em topografia plana — constituiu-se num novo centro de ocupação, distinto da Vila Velha do Poti, evitando inundações (BRAZ E SILVA, 2012). A cidade foi projetada com traçado ortogonal, partindo do Rio Parnaíba ao Rio Poti em direção Norte e desenvolveu-se, segundo Abreu e Lima (2000), a princípio, como centro administrativo e em função do comércio varejista. Essa ocupação territorial pode ser observada nos mapas das Figuras 2 (Fonte: BRAZ E SILVA, 2012), apresentados a seguir.



Figura 2: localização do novo ponto de ocupação de Teresina.

Observa-se que a existência dos rios foi fundamental para a origem da cidade e instalação das pessoas no local, devido ao fácil acesso ao abastecimento de água. Portanto, a atual zona norte, localizada na confluência dos rios, como mostra a Figura 2, e também onde está a área em foco deste estudo (as lagoas), que foi a primeira região habitável do município. De acordo com Chaves e Lopes (2011), essa é uma zona com baixos indicadores sociais, sendo também a mais vulnerável às enchentes causadas diretamente pela cheia dos rios como se observa nas figuras 3 (Fonte: PMT, 2007) e 4 (Fonte: SEMPLAN. Adaptado por Halysson Macêdo, apud CHAVES, LOPES, 2011) mostradas a seguir.



Figura 3: Zona Norte na enchente de fevereiro de 2004.

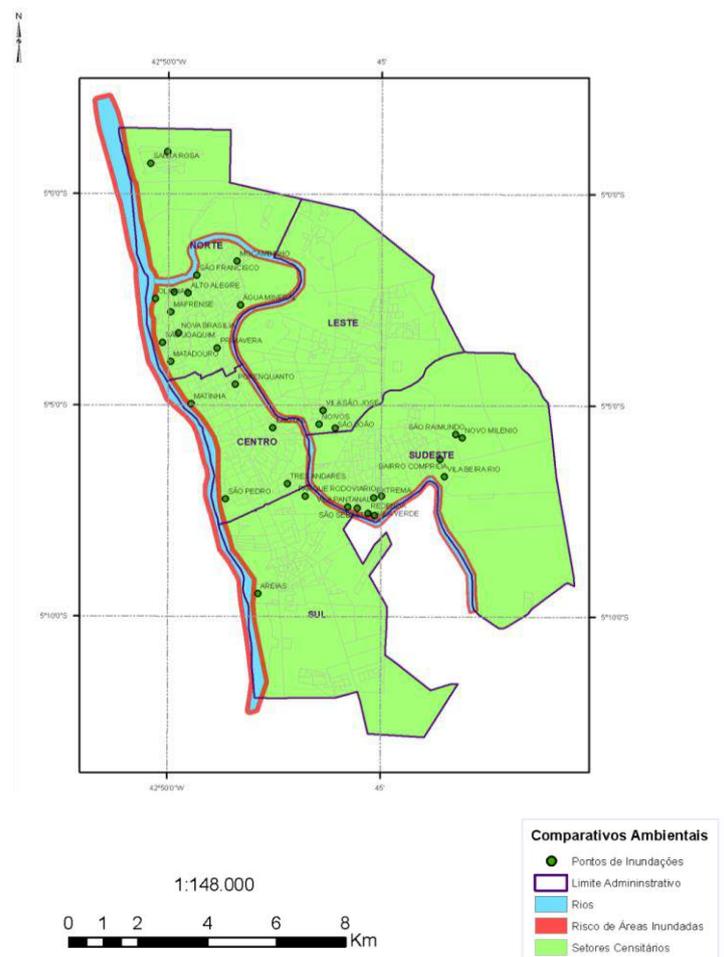


Figura 4: Bairros de Teresina vulneráveis às inundações pelas cheias dos rios Poti e Parnaíba.

Observando a região norte no mapa da figura 4, destaca-se sua maior vulnerabilidade às enchentes ocasionadas pelas cheias dos rios, enquanto que as zonas sul e leste são as menos propícias a esse tipo de evento. Muitas dessas inundações registradas pela Prefeitura Municipal de Teresina (PMT), ocasionaram o desalojamento de milhares de famílias, nos anos de 1995 e 2004:

“Em 1995, a incidência de chuvas concentradas resultou em nova inundação da área, atingindo a cota 57,0 m e desalojando cerca de 2.000 famílias. As últimas enchentes nessa cota ocorreram no início de 2004. [...] Quase 3.000 famílias desabrigadas foram atendidas por serviços assistenciais da Prefeitura e encaminhadas para abrigos públicos ou residências de parentes e amigos.” (PMT, 2007, p.5).

Até a Constituição de 1988, a formação da cidade de Teresina foi norteada por três planos diretores nos anos de 1969, 1977 e 1983. Tais planos foram incorporados como dever do estado, não contando com a participação popular e tentavam solucionar as questões urbanas sem considerar as necessidades sociais (RESENDE, 2013). Até o princípio da década de 2000, a cidade de Teresina ainda se norteava pela legislação de 1988 e, embora já houvesse mecanismos constitucionais os quais designaram “a participação e a descentralização como base da gestão pública e tornaram obrigatório o plano diretor para os

municípios com mais de 20.000 habitantes”, não contava com a participação da comunidade em seus planos diretores. De acordo com Lima (2011) a legislação de 1988 se apresentava extremamente ultrapassada, tendo em vista a ocorrência de grandes modificações na malha urbana que resultaram da expansão territorial, caracterizada: pelo rápido processo de verticalização; e o aumento de vilas e favelas, modificando a dinâmica de seus habitantes (LIMA, 2011, p.8). Já Resende (2013) acredita que, tendo em vista essa deficiência a partir de 1980, a cidade procura orientar-se fundamentada na democratização das políticas públicas, como manda a Constituição em vigor, tratando a gestão pública com a participação da sociedade.

Após a aprovação em 1988 da Constituição Federal, foram elaborados dois planos diretores: o primeiro no mesmo ano desta constituição; e outro em 2001 — ano da aprovação do Estatuto da Cidade — o Plano de Desenvolvimento Sustentável—Teresina Agenda 2015, que contempla princípios dessa política. Esse último plano diretor só foi publicado de fato em 2006, apesar de ter sido elaborado em 2001. Ele é composto por 11 leis, entre as quais está aquela que define diretrizes de ocupação do solo, como também trata da criação de APPs (RODRIGUES, VELOSO FILHO, 2013). Mas o que é o Projeto Lagoas do Norte? Quando foi desenvolvido e implantado?

OBJETIVOS

Esta pesquisa analisa a adequação do tratamento das regiões das lagoas do Norte, que são APPs, assim como do manejo das pessoas que habitam o local.

METODOLOGIA

Para a realização do estudo fez-se necessário o levantamento de referências bibliográficas a partir de fontes secundárias relacionadas ao tema. Foram pesquisados na internet temas relacionados às áreas de preservação, à expansão urbana de Teresina e ao Projeto Lagoas do Norte; foram selecionados livros, dissertações, teses, artigos e projetos técnicos que abordem tais temas. Também foi realizada a coleta de dados primários em visita à Prefeitura de Teresina no dia 05 de janeiro de 2015, para mais informações sobre o andamento do projeto Lagoas do Norte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO DA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

Baseado no material coletado, observa-se que o projeto Lagoas do Norte é um projeto urbanístico, proposto para a região norte de Teresina, presente no Plano de Requalificação da cidade de Teresina, com o intuito de melhorar o funcionamento dessa cidade, assim como preservar as APPs da região.

Na história mundial, observa-se que os primeiros planos de intervenções no espaço urbano surgiram nos Estados Unidos nos anos de 1950, para recuperar áreas que, com o tempo, adquiriram usos inadequados e perderam sua qualidade urbanística, tendo sido conhecidos como Planos de Requalificação Urbana. Ora, situações similares de degradação de áreas urbanas também começaram a aparecer em cidades brasileiras, incluindo Teresina, que recebeu seu Plano de Requalificação em 2011 (PRU TERESINA, 2011). Nesse plano, destacam-se as APPs como as áreas compreendidas pelo projeto entendidas como tais tanto de acordo com a legislação municipal, como nacional. Áreas como essas são típicas pelas ocupações irregulares, levando a maior degradação ambiental, além de estarem sujeitas a inundações. No caso do Projeto Lagoas do Norte, encontra-se um conjunto de lagoas com profundidade e dimensões variadas, naturais e artificiais, mas interligadas, que formam um sistema natural de acumulação de água da região, como afirma Campelo (2005):

“A região abriga um conjunto de mais de 30 lagoas alongadas — algumas naturais, outras artificiais — com profundidades e dimensões variadas e dispostas em cordões subparalelos correspondentes a antigos leitos do rio Parnaíba. As lagoas artificiais são decorrentes de escavação para retirada de material de construção, sendo, ainda, corrente o uso da argila extraída de forma artesanal para suprir olarias, bem como a extração de cascalho aluvionar” (CAMPELO, 2005, p.11).

Apesar de serem identificadas mais de 30 lagoas, como afirma Campelo (2005) o projeto Lagoas do Norte

trabalha com 9 das maiores, que se interligam com as demais. Sendo estas o Canal da Vila Pe. Eduardo, a Lagoa São Joaquim, Lagoa Jacaré, Lagoa da Draga 02, Lagoa da Piçarreira, Lagoa dos Cachorros, Lagoa dos Oleiros, Lagoa da Cerâmica do Poty 02 e Lagoa do Mocambinho.

Segundo a Prefeitura de Teresina (2009)¹⁴, o Projeto Lagoas do Norte objetiva o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da zona norte da cidade, local onde estão situadas as lagoas. Para a execução do projeto, a Prefeitura e também o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BIRD), o Banco Mundial e o Governo Federal são responsáveis pelos recursos financeiros para o Projeto. Esse propõe recuperar a zona norte de Teresina para torná-la área de proteção ambiental, com projetos adequados para formar, entre outros, parques ecológicos, além de levar escolas e postos de saúde para uma área habitacional ¹⁵ (Idem. In <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=790210>; acesso 20/11/2014).

Segundo a Prefeitura de Teresina (2007), durante o período chuvoso, essas lagoas têm seus níveis aumentados por conta do solo argiloso que possuem e tendem a se esvaziar pela evaporação ao longo de meses. As águas das lagoas são formadas pela coleta das águas pluviais e por um sistema integrado de drenagem, constituído de canais, vias e galerias que formam “um sistema natural de acumulação de água” (MOUA, LOPES, 2006). O uso e a ocupação do solo na Zona Norte de Teresina foram e são responsáveis por muitos problemas ambientais como inundações e poluição das lagoas com resíduos domésticos, entre outros. Além disso, a ocupação de suas margens que são consideradas APPs, e que estão com elevado número de casas construídas, estimula o aumento da especulação imobiliária que atua em uma malha viária descontínua (MOURA, 2006). Ora, como as áreas em torno das Lagoas da Zona Norte da cidade são áreas de preservação permanente (APPs), e também, devido

¹⁴ <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=790210>; acesso 20/11/2014.

¹⁵ (Idem. In <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=790210>; acesso 20/11/2014).

aos riscos de inundações, bem como a existência de condições precárias de habitabilidade, associadas à deficiência de locais propícios para manifestações culturais, esportivas e de lazer, o local passou a ser atendido pelo PRU TERESINA (Plano de Requalificação Urbana de Teresina), vindo a beneficiar diretamente cerca de 100.000 habitantes. O Projeto para requalificação da Zona das Lagoas foi intitulado Projeto Lagoas do Norte, cuja localização é apresentada nos mapas a seguir (PMT, 2007).

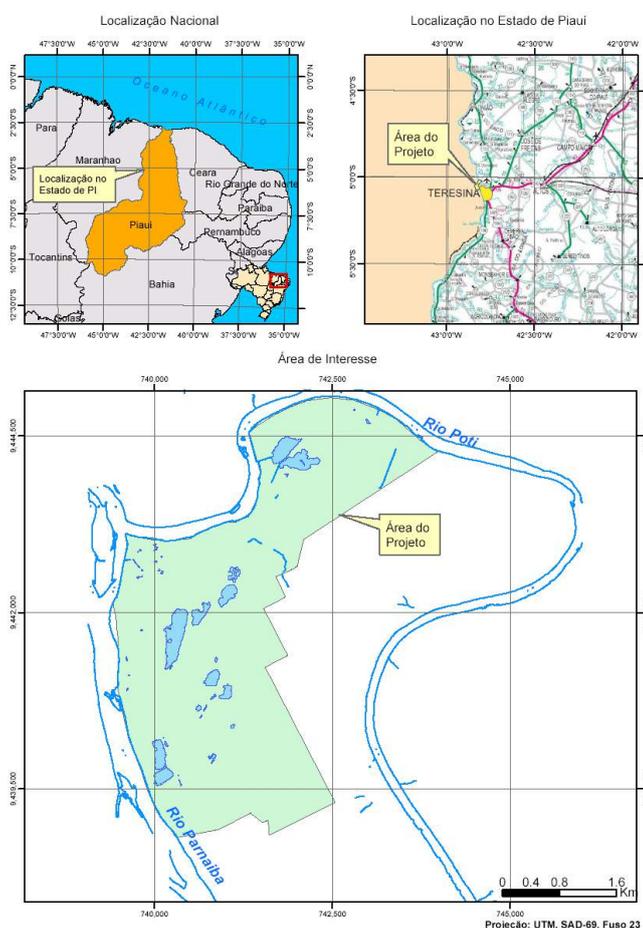


Figura 5: Localização do programa.

De acordo com os mapas mostrados pela figura 5 (Fonte: PMT, 2007), observa-se que a área beneficiada pelo programa é delimitada ao norte pelos desenhos das calhas dos rios; a leste, pelo rio Poti; a oeste, pelo rio Parnaíba; e a sudoeste, pelo aeroporto da cidade (PRU TERESINA, 2011). Destaca-se, no entanto, que a área formada por APPs acabou não sendo respeitada, de acordo com a legislação; teve uma ocupação desordenada e irregular, o que promoveu descontinuidade do tecido urbano, sendo este

desprovido da infraestrutura necessária à habitação e se constituindo em área de riscos à saúde humana. Essa ocupação, segundo a PMT (2007), dá-se por população de baixa renda em condições precárias, em locais insalubres, com habitações em risco permanente de inundação e desprovidas de serviços básicos de saneamento, como é possível verificar na figura 6 (Fonte: MOURA, 2005 apud Moura, Lopes, 2006). Nesse contexto, observa-se que a vulnerabilidade a enchentes é talvez o fator mais limitante do desenvolvimento da região (FORTES, 2012).



Figura 6: ocupação em uma das lagoas antes do projeto de recuperação

O programa do PRU (Plano de Requalificação Urbana) iniciado em 2004 propõe para a Zona Norte, “através de intervenções articuladas, algumas das intenções de desenvolvimento estabelecidas pela Teresina-2015” (PMT, 2007, p. 4). Observa-se que a implantação das ações e obras do plano de governo utilizou recursos oriundos de empréstimo firmado pelo acordo entre a Prefeitura de Teresina e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), e ainda por meio de convênio com o Governo Federal (NERE, 2014). Como já mencionado, o projeto Lagoas do Norte objetiva melhorar as condições de vida e promover o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região das lagoas, sendo assim uma proposta de requalificação urbana: espera-se nessa área melhoria de saneamento e drenagem, de modo que possa haver desenvolvimento econômico e social (FORTES, 2012). Esse projeto objetiva beneficiar, diretamente, mais de 90 mil pessoas que moram nos 13 bairros que compõem a região das lagoas (NUNES, 2010). As APPs devem ser respeitadas, pois devem formar uma área verde de preservação, que também tem sua atuação

na melhoria das condições do clima regional e qualidade do ar na cidade.

Segundo a PMT (2007, p.8-9) há treze bairros ¹⁶ beneficiados pelo projeto, que foram divididos em 4 áreas de intervenção, como visto na figura 7 (Fonte: PRU TRESINA, 2011). Essas áreas foram definidas com base no “critério de limites das bacias hidrográficas que drenam para a região”. Por sua vez, essa divisão relaciona-se também com as etapas de implantação dos sistemas de esgotamento sanitário, macrodrenagem e incorporação, sucessivamente na malha urbana como áreas requalificadas. As APPs foram detalhadas levando em conta a necessidade de sua preservação, bem como a atribuição que lhe foi dada como função de lazer urbano, que enriquece a realidade local, mas beneficia toda a sociedade teresinense.



Figura 7: Áreas e intervenção.

A drenagem foi inicialmente pensada para todas as lagoas, como alternativas por modelagem hidráulica, com a utilização da cota 56. Porém, isso acarretaria a remoção de 2.000 famílias aproximadamente, cujos custos iriam além do esperado. Logo, a solução escolhida passou a determinar como cota de inundação a de 55 e 56, apenas para duas lagoas. Essa escolha também permitiu o aumento da capacidade de bombeamento do sistema e escoamento das lagoas, o que é essencial para o bom funcionamento do sistema

de drenagem. Em seguida foi delimitada uma mancha de inundação provável, onde os habitantes ali instalados deverão passar pelo processo de reassentamento. Esse projeto atenderá 1.588 famílias. Porém, não poderá haver moradias no local de APPs (PMT, 2007). Além da remoção, houve casos de indenização para algumas famílias que tiveram que sair de suas moradias.

Para equacionar o acesso ao esgoto, o projeto propôs a princípio que houvesse coleta e que essa fosse exportada para fora da área do projeto que é de APP, em uma nova estação de tratamento, com disposição final no rio Parnaíba. Foram previstas duas fases de implantação do sistema de esgoto: a primeira referindo-se ao tratamento primário (gradeamento, caixa de areia, e reatores anaeróbios de fluxo ascendente); e a segunda focada no tratamento secundário (gradeamento, caixa de areia, reatores anaeróbios de fluxo ascendente seguidos de lagoas facultativas e de polimento) (PMT, 2007). No entanto, em visita feita à Unidade de Gerenciamento de Projeto (UPG) Lagoas do Norte ¹⁷, setor da Prefeitura responsável pelo projeto, um dos profissionais dessa equipe, Leonardo Martins, informou que essa estação não será mais construída. Devido a capacidade de suportar mais demanda de esgoto, a Estação de Tratamento de Esgoto do Pirajá, sob administração da Agepisa, receberá o esgoto coletado das primeiras etapas de implantação do projeto. Contudo, para que essa estação receba o esgoto de toda a área prevista pelo projeto, de acordo com Martins, foi necessária a previsão de sua ampliação, com utilização de equipamentos tecnologicamente mais avançados do que os que existem atualmente.

No que concerne ao desenvolvimento econômico e social da Zona Norte das Lagoas, o projeto prevê ação social, educação ambiental e sanitária, apoio à geração

¹⁶ Os 13 bairros beneficiados pelo Projeto Lagoas do Norte são: São Francisco, Mocaminho, Poti Velho, Olarias, Alto Alegre, Itaperu, Mafrense, São Joaquim, Nova Brasília, Aeroporto, Alvorada, Matadouro e Acarape (PMT, 2007).

¹⁷ Visita realizada em 05 jan. 2015 na UPG Lagoas do Norte no palácio da cidade, em Teresina.

de renda, reforma do Teatro do Boi¹⁸ e, além de um local para ensaios e apresentações para a comunidade, entre outras ações, várias oficinas serão oferecidas à população (NUNES, 2010).

Reassentamento de famílias na zona norte

As famílias cujas moradias estão abaixo da cota estabelecida pelo programa passaram pelo processo de reassentamento. Elas foram transferidas para o residencial Zilda Arns. As demais permaneceram nos mesmos locais.

Segundo o Plano de Requalificação Urbana de Teresina (vide PRU TERESINA, 2011; Google maps, jun 2014. Edição: LOPES, 2014; acesso em 21/11/2014), como acima mencionado, cerca de 1588 famílias foram reassentadas no Residencial Zilda Arns, vide Figuras 8 (Fonte: PRU TERESINA, 2011; Google maps, jun 2014. Edição: LOPES, 2014) e 9 (Fonte: BORGES, 2010, apud NUNES, 2010.); esse residencial conta com infraestrutura básica, incluindo energia elétrica, sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, pavimentação e drenagem. Trata-se de um conjunto habitacional formado por quatro tipologias: padrão; residencial; residencial especial para pessoas portadoras de deficiência; e mista¹⁹. Pesquisa realizada nesse residencial focalizou o “Grau de Satisfação e os Impactos” devido ao reassentamento; seus resultados mostraram níveis de satisfação elevados na comunidade, bem como verificou-se que houve um aumento na renda e na qualidade de vida local.



Figura 8: Localização do Residencial Zilda Arns, na região das Lagoas do Norte.

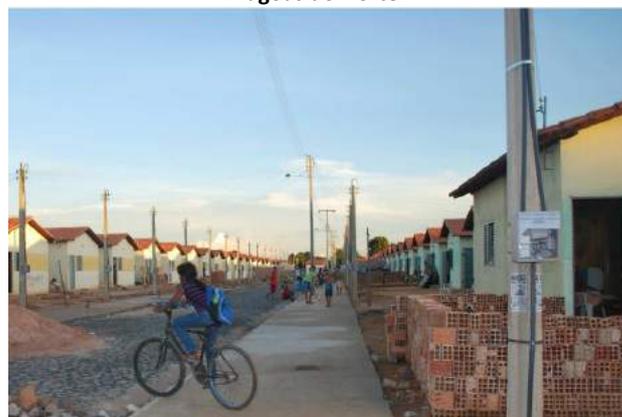


Figura 9: Residencial Zilda Arns, área residencial.

A Figura 8 mostra que o residencial Zilda Arns está inserido na área de abrangência do Programa Lagoas do Norte, indicando também que as pessoas reassentadas ficaram localizadas próximas ao antigo ponto de sua moradia. A Figura 9, mostra a fase final de construção e início do reassentamento das famílias nas habitações do residencial. Esses dados trazidos pela pesquisa realizada por Nunes (2010) apontam que o reassentamento foi imposto pela Prefeitura e a mudança para o local foi feita em alguns casos de forma não tão harmônica. Os moradores deixaram evidente seu apego sentimental ao local que antes habitavam na beira das lagoas; suas preferências voltavam-se para que pudessem permanecer no local.

¹⁸ Teatro do Boi: fundado em 1987, é um teatro oficina, pois tem o objetivo de desenvolver um trabalho artístico com a população carente da região através de oficinas de capoeira, teatro, artes plásticas (desenho, pintura e reciclagem), bumba-meu-boi mirim, música e dança (PMT, 2014).

¹⁹ O empreendimento custou 7,4 milhões de reais, e foi realizado com recursos do OGU/PAC (Orçamento Geral da União/Programa de Aceleração do Crescimento).

Esse apego foi superado, pois ao morar no Residencial vieram a contar com acesso ao transporte, passaram a habitar uma área que não é mais alagada pelas enchentes costumeiras e, além disso, por continuarem próximos às escolas. Desse modo, aquela ocupação indevida das APPs foi superada, possibilitando que essas sejam local de área verde ao redor das lagoas ou ao longo dos corpos d'água, cumprindo sua função ambiental, tornando-as áreas públicas locais de preservação e proteção aos mananciais.

Em 23 de dezembro de 2012, a primeira etapa do projeto foi inaugurada, como mostra a Figura 10 (Fonte: PMT, 2014), com sua localização às margens do Canal da Vila Padre Eduardo (Redação Cidade Verde, 2012). Mais ainda, além das obras de drenagem e esgotamento sanitário citadas anteriormente, o parque, na qualidade de equipamento de lazer urbano, tornou-se um espaço público verde com quiosques, playground, anfiteatro para 200 pessoas, pista de caminhada, ciclovia, pista de skate, quadras

poliesportivas com vestiários e banheiros, área de contemplação e uma passarela sobre o canal.



Figura 10: primeira etapa do projeto Lagoas do Norte finalizada. Em 2014 foi possível confirmar o resultado esperado desse programa: naquele ano, o volume de chuva nos três primeiros meses foi o maior dos últimos oito anos. Porém, não houve inundação, e nenhum morador ficou desabrigado por conta de enchente (PMT, 2014).

CONCLUSÃO

A partir do desenvolvimento desta pesquisa, ressalta-se a importância de projetos urbanos no sentido da requalificação de espaços, sendo estes APPs, que não cumprem mais com seus usos de maneira eficiente, gerando, dessa forma, prejuízos à sociedade. Com isso, observa-se que projetos como esses procuram proporcionar a preservação do meio ambiente. Ou seja, no caso das APPs, para que não voltem ao grave estado de degradação e possam ser locais que promovam o equilíbrio ecológico, faz-se necessária a modificação de seus usos em parques, em locais de contato com a natureza e principalmente recuperando suas matas para que cumpram sua função ambiental.

Percebe-se que a cidade de Teresina caminha para o estímulo ao incentivo desses programas de requalificação urbana, mesmo que a passos lentos. O projeto Lagoas do Norte é um exemplo disso, já que objetiva a preservação das várzeas das lagoas pertencentes ao programa. Mesmo sendo necessária a remoção de alguns moradores de suas casas para um novo assentamento, o que poderia ser considerado um ponto negativo, o programa o fez de forma que eles pudessem permanecer próximos ao local da antiga morada. Dessa maneira, a alteração no deslocamento dessas pessoas em relação a suas atividades cotidianas como trabalho e escola é mínima, permitindo que elas continuem próximas à antiga vizinhança. A ação de remoção deve-se ao fato de que a permanência dessas moradias era impraticável, já que se trata de áreas de preservação permanente, além dos moradores estarem sujeitos a enchentes e causarem graves danos ambientais para toda a cidade. Vale ressaltar que, quando for necessário empreender uma intervenção urbana, deve-se tentar ao máximo que os moradores locais permaneçam em suas casas, como defende França (2012), desde de que isso aconteça sem graves prejuízos ambientais.

Assim sendo, o projeto Lagoas do Norte tornou-se um bom exemplo de programas que podem gerar bons resultados em prol de melhoria das dinâmicas sociais, da qualidade de vida de seus habitantes, e principalmente da preservação de APPs. Contudo, deve-se pensar no modo de superar equívocos, como por exemplo, no que diz respeito ao tratamento de esgoto, em que o projeto buscava ser independente nesse aspecto, mas acabou tornando-se dependente da realização de melhorias por parte da Agespisa.

REFERÊNCIAS

- ABREU, I. G.; LIMA, I. de M. de M. F.. **Igreja do Amparo: marco zero de Teresina**. In: Cadernos de Teresina. Teresina: Fundação Monsenhor Chaves, outubro de 2000, nº 32, p. 10 - 25.
- BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Palácio do Planalto, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em 12 nov. 2014.
- BRASIL. **Art. 6º da Constituição de 1988**. Constituição Federativa do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao.htm> Acesso em 12 nov. 2014.
- BRAZ e SILVA, A. **Planejamento e fundação da primeira cidade no Brasil Império**. Cadernos do PROARQ (UFRJ), v. 18, p. 216-236, 2012.
- CAMPELO, C. **Estudo Urbanístico e Paisagístico Para a Região das Lagoas do Norte**. Estudo para a Prefeitura Municipal de Teresina, Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. Teresina, PI. 2005.
- CHAVES, S. V. V.; LOPES, W. G. R. **A vulnerabilidade socioambiental em Teresina**, Piauí, Brasil. Revista Geográfica de América Central. Costa Rica, 2011, pp. 1-17.
- FORTES, R. L. F. **Perspectiva de desenvolvimento para a zona norte de Teresina**. CORECON-PI. 2012. Disponível em: www.corecon-pi.org.br/.../PERSPECTIVAS_DE_INVESTIMENTOS_NA_ZONA_NORTE_DE_TERESINA.pdf> Acesso em: 25 maio 2014.
- FRANÇA, E. **O urbanismo das ideias no lugar**. In: O urbanismo nas pré-existências territoriais e o compartilhamento de ideias. São Paulo: Habi – Superintendência de Habitação Popular, 2012 (Série Novos Bairros de São Paulo).
- FREITAS, C. G. L. de. **Desenvolvimento de procedimentos técnicos de abordagem ambiental integrada em empreendimentos habitacionais de interesse social**. In: _____. Anais do seminário de avaliação de projetos IPT. São Paulo: IPT, 2002. p. 1-16.
- GOVERNO FEDERAL. Ministério da Agricultura. Código Florestal: entenda o que está em jogo com a reforma da nossa legislação ambiental. Apoio WWF [s.l.] 2011. 20p. Disponível em: In <http://assets.wwfbr.panda.org/.../cartilha_codigoflorestal_20012011.pdf> Acesso em 19 nov. 2014
- LIMA, A. J. **Gestão urbana e os planos diretores participativos: o que apontam os dados?**. In: XI Congresso Luso Afro Brasileiro de Ciências Sociais: Diversidade e (des) igualdades, 2011, Salvador. XI Congresso Luso Afro Brasileiro de Ciências Sociais: Diversidade e (des) igualdades, 2011. p. 1-15.
- MARTINS, L. M. **Projeto Lagoas do Norte**. Palácio da Cidade, Prefeitura Municipal de Teresina, 05 jan 2015. Depoimento.
- MINICELLI, J. L. P. G. **Regularização Fundiária em Áreas de Preservação Permanente (APP's)**. Conflitos das gestões urbanística e ambiental. 2008. 252f. Dissertação de mestrado da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2008.
- MOURA, M. G. B. de; LOPES, W. G. R. **Degradação ambiental das lagoas situadas na zona norte de Teresina**. Minha Cidade, São Paulo, ano 06, n. 067.01, Vitruvius, fev. 2006. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/06.067/1954>> Acesso em 21 maio 2014.
- MOURA, M. G. B. **Degradação ambiental urbana: uma análise de bairros da zona norte de Teresina**. 2006. 155 f. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.

- NERE, M. **Alunos de Administração e Serviço Social da Chrisfapi visitam o Projeto Lagoas do Norte**. Babadhocs. 2014. Disponível em: <http://www.babadhocs.com/?ler_noticia_id=1186&alunos-de-administracao-e-servico-social-da-chrisfapi-visitam-o-projeto-lagoas-do-norte&assunto=Geral&coluna=principal> Acesso em: 02 jun 2014
- NUNES, C. R. **Lagoas do Norte – PI: satisfação residencial e significados do reassentamento**. 2010. 150f. Tese de doutorado da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.
- PÁDUA, C. M. **Planejamento Urbano em Teresina de 1969 a 2006**. 2011. 146 f. Dissertação de mestrado da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.
- PARQUE **Lagoas do Norte terá última etapa inaugurada neste domingo**. Cidade Verde. Redação. Teresina, 23 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.cidadeverde.com/parque-lagoas-do-norte-teraa-ultima-etapa-inaugurada-neste-domingo-121149>> Acesso em 07 jun. 2014.
- RESENDE, C. S. **Os Planos de Urbanização de Teresina e a Agenda 2015**. 2013. 218f. Dissertação de mestrado da Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2013.
- RODRIGUES, R. S. ; VELOSO FILHO, F. A. . **A trajetória do planejamento urbano no Brasil: uma tentativa de periodização**. In: X Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 2013, Campinas, SP. Anais do X Encontro Nacional da ANPEGE. Campinas, SP, 2013. p. 1-12.
- ROLNIK, R.; KLINK, J. **Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias?** Revista Novos Estudos. CEBRAP, n. 89, p. 89-109, mar. 2011. p. 90
- ROSIN, J. A. R. de G. **Regularização Fundiária Sustentável: Desafios de uma política estatal em APPs urbanas**. 2011. 337f. Dissertação de mestrado do Centro Universitário Eurípides de Marília, Marília, 2011.
- TERESINA, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo. **Teatro do Boi**. Disponível em: <<http://www.turismoteresina.com/guias/atrativos-turisticos/teatro-do-boi-186.html>> Acesso em 17 nov. 2014
- TERESINA, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral **Projeto Lagoas do Norte muda a vida de moradores com obras de drenagem**. 22 maio 2014. Disponível em:<<http://www.portalpmt.teresina.pi.gov.br/noticia/Projeto-Lagoas-do-Norte-muda-a-vida-de-moradores-com-obras-de-drenagem/2714>> Acesso em: 07 jun. 2014.
- TERESINA. **Plano de Requalificação Urbana de Teresina- PRU**. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2011.
- TERESINA, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral. **Plano de Requalificação Urbana de Teresina- PRU**. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2011
- TERESINA, Prefeitura Municipal. Programa Lagoas do Norte. 2009. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=790210>> Acesso em 20 de nov. 2014.
- TERESINA, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral. **Avaliação Ambiental do Programa de Melhoria da Qualidade Ambiental de Teresina – Programa Lagoas do Norte**. Relatório de Avaliação Ambiental –RAA. Teresina, mar. 2007. p. 5.
- TERESINA, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral. **Lei Complementar Nº 3.563, de 20 de outubro de 2006**. SEMPLAN. Teresina, PI. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/3.563-2006.pdf>> Acesso em 12 nov. 2014.

TREVISAN, A. P.; BELLEN, H. M. V. **Avaliação de políticas públicas: uma revisão teórica de um campo em construção.** Revista de Administração Pública, v. 42, n. 3, p. 529-550, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v42n3/a05v42n3.pdf>> Acesso em 12 nov. 2014.

TUCCI, C. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. In: Carlos E. M. Tucci e Juan Carlos Bertoni. (Org.). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: ABRH GWP, 2003, v. 1, p. 45-150.

TUCCI, C. E. M. **Águas no meio urbano.** In: REBOUÇAS, A. da C. et. Al (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 399-432. p. 401

VARGAS, H. L. **Ocupação irregular de app urbana: um estudo da percepção social acerca do conflito de interesses que se estabelece na Lagoa do Prato Raso, em Feira de Santana, Bahia.** Revista Sitientibus. n. 39, p.7-36, jul./dez. 2008

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS ESGOTADOS DE FOSSAS DO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA NO ESTADO DE GOIÁS

CHARACTERIZATION OF CESSPOOL WASTE DEPLETED OF CITY OF ITUMBIARA AT STATE OF GOIÁS

Juliana Moraes Silva

Graduada em Química e Física, Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Professora do Instituto Federal de Goiás – Goiânia – GO

julianamoraes84@yahoo.com.br

Paulo Sergio Scalize

Engenheiro Civil e Biomédico, Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia Civil de São Carlos, Universidade de São Paulo. Professor Adjunto da Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás - Goiânia – GO.

pscalize.ufg@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho avaliou, quantitativamente e qualitativamente, os resíduos esgotados de fossas antes do lançamento em uma estação de tratamento de esgoto no município de Itumbiara (ETE-Itumbiara), interior de Goiás. Foi detectada uma grande variação nas características do resíduo, apresentando sólidos grosseiros e areia, resultando em 1,6 m³ de resíduos retidos em 1.872,5 m³ de resíduos de fossa recebidos, representando 0,064% da vazão média tratada pela ETE. Com relação aos parâmetros físico-químicos pesquisados, o pH e a temperatura foram os que apresentaram menor variação nas amostras analisadas e os sólidos sedimentáveis e DQO foram os que apresentaram um maior coeficiente de variação, seguidos pelos óleos e graxas e sólidos totais. Foi detectado também que quanto menor o pH do resíduo, maior a concentração de óleos e graxas.

Palavras-chave: lodo; resíduo de fossa; tanque séptico

ABSTRACT

This study has evaluated the quantitative and qualitative features of a cesspool waste before being launched into a wastewater treatment plant, located at Itumbiara city (ETE-Itumbiara), interior of the state of Goiás. It was detected a large variation of the waste characteristics, presenting coarse solids and sand, resulting in 1.6 m³ of retained waste over a total of 1,872.5 m³ of a total cesspool waste received, representing 0.064% of the average flow treated by ETE. Regarding the physicochemical parameters, the pH and temperature presented lower variation, and the settling solids and COD showed a higher coefficient of variation, followed by oils and greases and total solids. It was also observed that the lower the pH the higher the concentration of oils and greases.

Keywords: sewage; cesspool waste; septic tank

INTRODUÇÃO

Nos municípios em que não há estações de tratamento de esgotos ou em que a rede coletora ainda não atingiu 100% do município, o esgoto sanitário é lançado em sistemas individuais, como fossas sépticas, tanques sépticos, fossas negras ou sumidouros, descritos como sistemas de tratamento *in situ* de esgoto anaeróbio em nível secundário, nos quais são feitas a separação e a transformação parcial da matéria orgânica com a produção de efluentes nos estados físicos líquido, sólido e gasoso. Entretanto, por possuírem volume fixo, ao ter sua capacidade máxima de suporte atingida, esses sistemas requerem esvaziamentos periódicos.

Hartmann *et al.* (2009) relatam que, no Brasil, o primeiro tanque séptico pode ter sido construído para tratamento de esgoto urbano da cidade de Campinas, interior do Estado de São Paulo (Brasil) em 1892. No entanto, foram difundidos amplamente a partir de 1930. Atualmente, no Brasil, tem-se a NBR 7229 (ABNT, 1993) que trata de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, sendo que a NBR 13969 (ABNT, 1997) dispõe sobre unidades de complementar e disposição final dos efluentes líquidos (projeto, construção e operação).

Ainda há no Brasil uma grande quantidade de fossas rudimentares. No estado de Goiás, Rios (2010) avaliou 110 sistemas individuais de disposição de esgotos domésticos na região metropolitana de Goiânia, onde encontrou 20 unidades de tanques sépticos e 90 fossas rudimentares, mostrando a grande diferença de quantidade que há entre os dois sistemas.

O que mais diferencia uma fossa de um tanque séptico está no fato desse último ser uma unidade de tratamento de esgotos com seu sistema de disposição local, onde geralmente ocorre a infiltração no solo através de sumidouro ou valas de infiltração, enquanto a fossa é utilizada para disposição final dos esgotos.

A degradação do esgoto sanitário, nos vários sistemas de tratamento individuais ou nas ETEs, resulta na liberação de substâncias gasosas, sólidas e líquidas. Os sólidos formados, em grande parte, por matéria orgânica em decomposição e, em menor porcentagem, por inorgânicos, como as argilas e areias, recebem várias denominações sendo a mais comum “lodo de fossas”. Esse termo é viável para tanques sépticos de grande volume, uma vez que somente o lodo é removido e parte do esgoto permanece no local. Entretanto, para as demais situações, torna-se um termo questionável, devido às características que normalmente não se assemelham às de lodos. Diante do exposto, Inguza *et al.* (2009) propõem siglas com respectivas denominações: RESIDE (Resíduos Esgotados de Sistemas Individuais de Disposição de Esgoto); RESDLE (Resíduos Esgotados de Sistemas de Disposição Local de Esgoto); EROSS (Emptying Residues of on Site Sewage Disposal Systems). Os autores destacam, ainda, a possibilidade de manter a denominação “lodo de fossa” como nome fantasia, desde que seja evidenciado que são resíduos com características próprias, não sendo exatamente as de lodo, sendo mais apropriado, contudo, denominá-lo de “resíduos de fossas” ou “resíduos esgotados de fossas”. Ratis (2009) sugere ainda, em sua dissertação, o termo RETIS – Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento.

Segundo EPA (1993), lodo séptico é definido como sendo o material líquido ou sólido removido de um tanque séptico, banheiro químico ou sistema similar que receba esgoto doméstico. Os resíduos de caixas de gorduras não podem ser chamados de resíduos sépticos, pois o percentual de gordura presente em sua composição é bem superior ao dos encontrados nos tanques sépticos.

O material removido de fossas, denominado neste trabalho de resíduos de fossa, ao possuir características de poluentes em potencial, exige disposição e tratamento adequado. As estações de tratamento de esgotos e os aterros sanitários podem ser opções viáveis de recebimento desse material. Contudo, observa-se que algumas circunstâncias como a dificuldade das empresas prestadoras de serviços em entender e atender às exigências das empresas de saneamento podem levar à disposição desse material em corpos d'água ou solo, tornando-se um fator de risco à saúde pública.

Os resíduos oriundos dos sistemas de tratamento individuais, devido às características físico-químicas e biológicas se apresentam bastante heterogêneas e, ao serem esgotados nos mananciais, podem causar alterações das características físicas (turbidez, cor, sólidos suspensos e sedimentáveis, temperatura, condutividade), químicas (pH, DQO, nitrogênio, fósforo, óleos e graxas) ou biológicas (coliformes termotolerantes e ovos de helmintos), que comprometem a qualidade do ecossistema e resultam em uma prática que precisa ser reavaliada e modificada.

Meneses *et al.* (2001) analisando 15 amostras coletadas em intervalos de 15 dias na cidade de Natal, Rio Grande do Norte, detectaram uma grande variabilidade nos resultados, bem como Rocha e Sant'Anna (2005), em análise de amostras coletadas em Joinville-SC, Machado Junior (2008) analisando as características de 21 amostras pontuais de lodo de tanques sépticos provenientes de diferentes caminhões que coletaram lodos na cidade de Tubarão-SC

A pesquisa realizada por Ingunza *et al.* (2009) consistiu em duas etapas: na primeira etapa, os resíduos dos sistemas individuais foram caracterizados com base em coletas compostas e aleatórias durante a descarga dos caminhões limpa-fossa em pontos de recepção localizados nas ETE em estudo. Na segunda etapa, foram realizadas coletas compostas *in loco*, duas vezes, sendo que a segunda coleta ocorreu seis meses depois. Foram avaliados os resíduos individuais de quatro estados do Brasil, sendo eles o Paraná, Rio Grande do Norte, Distrito Federal e São Paulo. Na ocasião, as conclusões obtidas pelos grupos de pesquisas das instituições de ensino UNIFAE/SANEPAR, UFRN/LARHISA, UNB/CAESB, USP/EESC foram de que há grande variação nas concentrações de todas as variáveis monitoradas, exceto pH e temperatura, salientando que para todos os pontos amostrados, os valores dos desvios padrões foram muito superiores aos valores das médias aritméticas, confirmando a dispersão dos dados e provável ausência de normalidade dos dados.

Diante desse contexto, observa-se que as características desses resíduos esgotados de fossas estão intimamente relacionadas com sua origem, apresentam variações e conhecê-las torna-se necessário para encontrar métodos de tratamento que garantam um material residual estabilizado e passível de ser disposto no solo, ou ainda seus impactos que possam ser produzidos em uma ETE. Os parâmetros analisados podem ser utilizados para estabelecer critérios de recebimento e valores para cobrança. Silva *et al.* (2011) relatam, após um ano de monitoramento com análises de números significativos de amostras, terem estabelecido valores limites para recebimento do resíduo de fossa, sendo que valores superiores levam à multa e à suspensão da empresa para lançar resíduos na ETE Hélio de Brito na cidade de Goiânia. Os valores limites são para pH entre 6 e 10, DBO < 2.000 mg.L⁻¹, DQO < 8.000 mg.L⁻¹ e OG < 800 mg.L⁻¹. Samways *et al.* (2009) citam em seu trabalho que valores de OG superiores a 300 mg.L⁻¹ podem afetar negativamente a sedimentação.

Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho foi caracterizar quantitativamente e qualitativamente os resíduos esgotados de fossas antes do lançamento em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) no município de Itumbiara, interior de Goiás, além de estimar qual foi a porcentagem de contribuição em relação ao esgoto bruto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi o município de Itumbiara, com população de 92.883 habitantes (IBGE, 2010), localizada ao sul do estado goiano na divisa com o estado de Minas Gerais. Apresenta uma estação de tratamento de esgoto, constituída por Reatores UASB seguidas de lagoas de maturação com vazão média diária de 290 L.s⁻¹ recebendo todo os resíduos de fossa desse município.

Inicialmente, foi realizado um levantamento no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2011, na

empresa de saneamento local quanto ao lançamento dos resíduos esgotados de fossa na cidade de Itumbiara - GO, os quais são coletados e transportados em caminhões de 6 m³, 6,5 m³ e 7 m³ (dependendo da empresa coletora) para a ETE-Itumbiara. As características variam de acordo com a origem da coleta que, geralmente, é proveniente de banheiros e cozinhas de residências, estabelecimentos comerciais, industriais, postos de combustíveis ou de alojamentos. Durante a caracterização dos resíduos, foram anotadas as procedências dos materiais.

Caracterização do resíduo das fossas

Para caracterizar os resíduos presentes nos caminhões limpa-fossa, foram coletadas amostras compostas de 36 caminhões com volume de 7 m³, sendo que, para cada caminhão, foram realizadas seis coletas pontuais de aproximadamente 2 L cada, em baldes de 5 L, para em seguida compor as amostras compostas conforme alíquotas apresentadas na Tabela 1. Cada amostra composta era misturada à outra do mesmo dia e de outros caminhões, com o propósito de obter a amostra composta e representativa do dia. Foram obtidas 8 amostras compostas provenientes de 36 caminhões no período da pesquisa (Tabela 2). Em seguida, as amostras foram acondicionadas em frascos adequados e mantidos sob refrigeração em caixas térmicas para futura análise dos parâmetros físico-químicos Sólidos Sedimentáveis (SSed), pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal (N_{amoniacal}), Fósforo total (P_{total}), Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV) conforme Standard Methods (APHA *et al.*, 2005) e Óleos e Graxas (OG) conforme EPA (1993). Os resultados obtidos das análises físico-químicas foram tratados estatisticamente com XLSTAT, obtendo-se a mediana, desvio padrão e o coeficiente de variação, além da construção de gráficos do tipo boxplot após a

padronização dos valores na escala linear de -2,0 a +2,5 com um intervalo de confiança de 95%, possibilitando verificar os valores discrepantes de cada parâmetro analisado.

O volume das alíquotas individuais, para constituir a amostra composta, foi obtido após a determinação da vazão de escoamento no momento da descarga dos caminhões, considerando a altura do resíduo no interior dos caminhões em função do tempo de descarga, tendo sido utilizadas as equações 1, 2 e 3, e os resultados encontram-se na Tabela 1. A equação 1, estabelecida no século XVII e conhecida como teorema de Torricelli (Porto, 2004), foi utilizada por se tratar de um orifício de pequena dimensão onde a relação da carga hidráulica (representada pela altura do líquido no interior do tanque) em função do diâmetro do orifício é superior a 3,0. Outros autores utilizaram esse mesmo princípio para determinar as alíquotas a serem coletadas, tais como Peixoto *et al.* (2012) com seis amostras e Sá *et al.* (2012) com três amostras. Rodrigues *et al.* (2011) realizaram uma coleta de amostras compostas por meio de três alíquotas de 50 L, sendo uma no início, outra no meio e uma no final da carga.

$$V = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

$$Q = V \cdot A \quad (3)$$

No qual:

V = velocidade (m.s⁻¹)

g = aceleração da gravidade (m.s⁻²)

h = lâmina de lodo dentro do tanque do caminhão limpa-fossa (m)

A = área da tubulação de descarga (mangote) (m²)

d = diâmetro da tubulação de descarga (mangote) (100 mm)

Q = vazão (m³.s⁻¹)

Tabela 1 - Tempo de descarga e volume das alíquotas para realizar a amostra composta de resíduos coletados pelos caminhões limpa-fossa.

Amostra pontual	Tempo de coleta (minutos)	Altura da coluna de resíduo dentro do caminhão (m)	Velocidade de escoamento (m.s-1)	Diâmetro da tubulação (m)	Área da tubulação (m ²)	Vazão escoamento (m ³ .s-1)	Volume da Alíquota (L)
1	0,33	1,60	5,60	0,1	0,00785	0,044	0,761
2	1,50	1,27	4,99	0,1	0,00785	0,039	0,678
3	3,00	0,94	4,29	0,1	0,00785	0,034	0,583
4	4,50	0,61	3,46	0,1	0,00785	0,027	0,470
5	6,00	0,28	2,34	0,1	0,00785	0,018	0,318
6	7,50	0,10	1,40	0,1	0,00785	0,011	0,190
Total (L)							3,0

O resíduo era lançado diretamente por meio de um mangote do caminhão limpa-fossa no interior de uma caixa em fibra com volume de 1,0 m³, onde em seu interior foi instalado um cesto com volume de 0,273 m³ (0,65x0,60x0,70m) para remoção dos sólidos grosseiros provenientes dos resíduos das fossas. Entre as tubulações de saídas e o fundo da caixa, havia 5 cm de altura para acúmulo de sólidos sedimentáveis,

dentre eles a areia. Todo o material retido do fundo da caixa bem como na grade foi quantificado e disposto em vala aberta na área da ETE, sendo tratado com adição de cal hidratada. Após esse gradeamento, os resíduos líquidos das fossas eram encaminhados para os reatores da ETE-Itumbiara, a qual apresenta uma vazão média de aproximadamente 290 L.s⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos esgotados de fossas coletados pelas empresas limpa-fossas e transportados à ETE-Itumbiara sofrem oscilações do volume ao longo dos anos e meses, como pode ser observado na Figura 1. No período de 36 meses, o volume lançado de resíduo de fossa na ETE-Itumbiara foi de 14.375 m³, representando 0,053% da vazão média (290 L.s⁻¹) de esgoto bruto tratado pela ETE. No período da pesquisa, o volume de resíduo de fossa recebido pela ETE-Itumbiara representou 0,064% da vazão média de esgoto bruto.

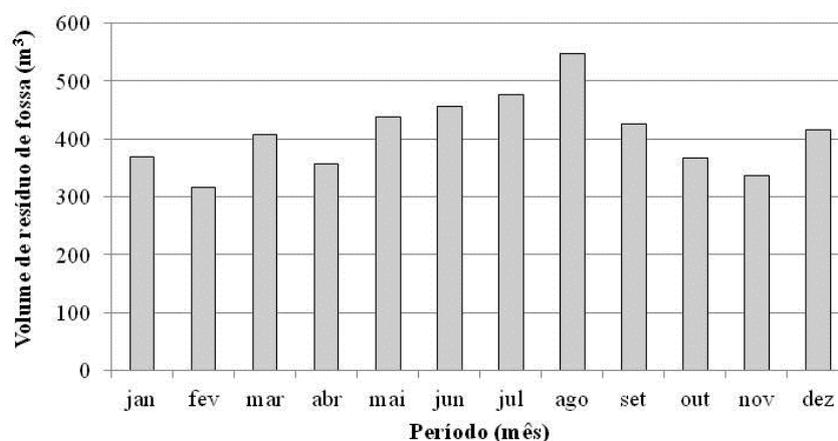


Figura 1 - Volume médio mensal dos resíduos coletados pelos caminhões limpa-fossas e disposto na ETE-Itumbiara anos 2009 a 2011.

A análise da origem dos resíduos, que foram caracterizados por análises físico-químicas por meio de 8 amostras compostas provenientes de 36 caminhões, evidenciou que 36,1% dos resíduos são provenientes

de resíduos domésticos de indústrias, seguido dos resíduos provenientes de residência com 30,6%. Na Tabela 2, pode ser observada uma síntese da origem desses resíduos.

Tabela 2 – Distribuição dos resíduos analisados em função da procedência.

Data da coleta	Dia da Semana	Procedência					Quantidade
		Indústria	Residência	Supermercado	Posto Fiscal	Hotel	
23/03/12	Sábado	2			2		4
03/04/12	Terça-feira	2	2				4
25/04/12	Quarta-feira	2	3	2			7
10/05/12	Quinta-feira	2	3	2	1		8
21/05/12	Segunda-feira	2		1			3
31/05/12	Sexta-feira	2					2
04/06/12	Segunda-feira	1	2	2			5
15/06/12	Sexta-feira		1			2	3
Total		13	11	7	3	2	36
Composição (%)		36,1	30,6	19,4	8,3	5,6	100,0

Na Tabela 3, é apresentada a caracterização das amostras compostas de resíduos de fossa, provenientes dos descartes dos caminhões limpa-fossa. Com exceção de pH, temperatura, N_{amoniaco} e P_{total} , pode ser observado um coeficiente de variação (CV) acima de 33,5% nos demais parâmetros em função das amostras coletadas ao longo de um período de 85 dias, ou seja, de 23/03 a 15/06/12. Os valores dos parâmetros analisados foram padronizados e inseridos em um gráfico do tipo boxplot (Figura 2), possibilitando detectar a presença de dados discrepantes (*outliers*), o que ocorreu somente para os parâmetros Nitrogênio amoniacal, Fósforo total e DQO. Os resultados encontrados para as amostras pesquisadas apresentam teores menores quando comparados a outros autores, entre eles Belli Filho *et al.* (2011), o

qual caracterizou resíduos de esgotamento de fossa da Grande Florianópolis e Tachini *et al.* (2002) para a cidade de Blumenau.

Foi observada nesta pesquisa uma relação entre pH e OG (Figura 3), na qual amostras com menores valores de pH apresentam maior concentração de OG, ressaltando que na regressão linear realizada foi obtido um R^2 de 0,7374 para um conjunto de 8 valores. Uma análise similar foi realizada por Borges (2009), na qual afirma que a utilização do pHmetro é uma das técnicas para verificar se há uma elevada concentração de óleos e graxas. A autora pôde confirmar em seu trabalho que resíduos esgotados de fossas com pH inferior a 6,5 evidenciaram maior concentração de óleos e graxas, atingindo concentrações de até 14.531 mg.L⁻¹.

Tabela 3 – Caracterização dos resíduos esgotados de fossas antes de seu lançamento na ETE-Itumbiara durante o período de 85 dias.

Data da coleta	SSed (mL.L-1)	Namoniacal (mg.L-1)	Ptotal (mg.L-1)	OG (mg.L-1)	DQO (mgO2.L-1)	ST (mg.L-1)	SF (mg.L-1)	SV (mg.L-1)	pH	Temp (°C)
23/03/12	38,0	82	19,70	495,0	1960	2465	512	1953	6,91	29,0
03/04/12	18,7	91	15,80	519,5	2356	1678	365	1313	6,76	29,1
25/04/12	44,8	89	21,06	549,6	2560	2730	650	2080	6,72	29,5
10/05/12	80,6	109	27,59	678,0	6869	3298	895	2403	6,69	29,7
21/05/12	10,9	71	18,60	127,5	1168	880	395	485	7,01	27,5
31/05/12	7,50	79	19,40	138,0	1210	975	450	525	6,99	27,8
04/06/12	76,5	76	23,68	421,0	5456	3126	845	2281	6,95	28,9
15/06/12	21,3	81	18,10	378,0	1869	2120	450	1670	6,97	28,7
Média	37,3	84,8	20,5	413,3	2931,0	2159,0	570,3	1588,8	6,88	28,8
Mediana	29,7	81,5	19,6	458,0	2158,0	2292,5	481,0	1811,5	6,9	29,0
Desvio padrão	28,4	11,7	3,7	194,7	2087,1	919,8	204,4	751,1	0,1	0,8
CV (%)	71,3	13,0	16,7	44,1	66,6	39,9	33,5	44,2	1,8	2,5

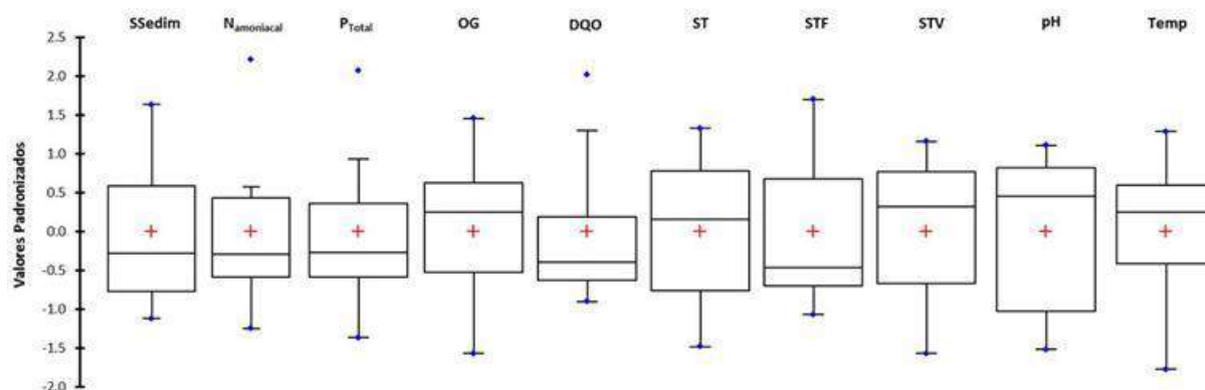


Figura 2 – Boxplot dos resultados dos parâmetros analisados nas amostras coletadas no período de estudo.

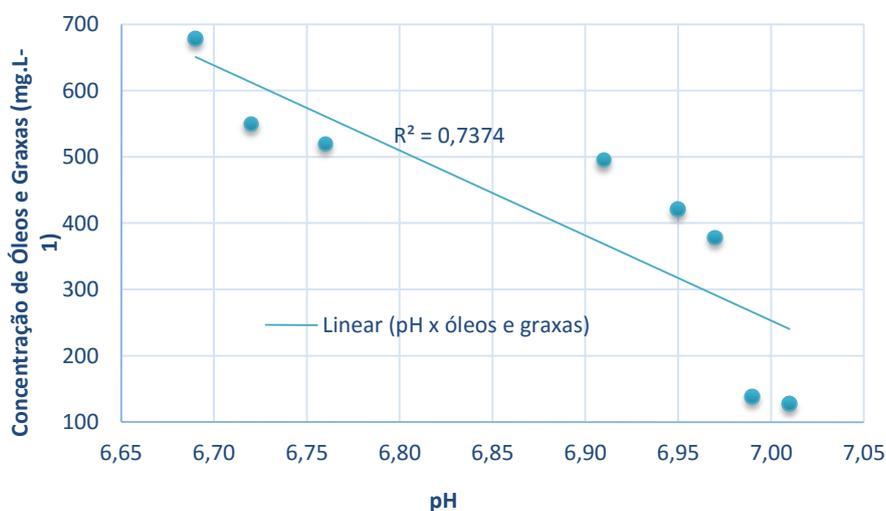


Figura 3 – Relação entre pH e óleos e graxas no resíduo esgotado de fossas.

O material retido no cesto durante o recebimento do resíduo de fossa foi retirado e quantificado, sendo que os resultados estão apresentados na Tabela 4. O volume removido nos 118 dias de pesquisa resultou em 1,6 m³ de resíduos sólidos para um volume de resíduo de fossa de 1.872,5 m³ de resíduos esgotados de fossas codispostos na ETE-Itumbiara, sendo 429 m³, 343,5 m³, 595 m³ e 505 m³, respectivamente nos meses de março, abril, maio e junho de 2012. Vale ressaltar que o volume ocupado dentro do cesto era menor daquele quando removido e colocado no carrinho para quantificação. A presença de muito material inorgânico sólido retido no cesto e na caixa é justificada pelo fato de que os caminhões não possuem uma técnica para evitar a sucção de areias e argilas do fundo das fossas.

Tabela 4 - Volume de resíduos sólidos retidos no cesto oriundos dos caminhões limpa-fossa.

Data da limpeza do cesto	Volume removido (m ³)	Intervalos das limpezas (dias)	Volume médio de lodo (m ³ .dia-1)	Total de dias de recebimento	Média de volume de sólidos por dia de recebimento (m ³)
20/03/12	0,1	15	0,007	7	0,014
14/04/12	0,3	25	0,012	20	0,015
09/05/12	0,3	25	0,012	25	0,012
28/05/12	0,3	19	0,016	18	0,017
13/06/12	0,3	16	0,019	16	0,019
01/07/12	0,3	18	0,017	19	0,016
Total	1,6	118	0,014	105	0,015

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que:

- Existe uma grande variação da qualidade dos resíduos esgotados de fossas que são encaminhados à ETE-Itumbiara;
- O resíduo de fossa apresenta uma grande quantidade de resíduos sólidos grosseiros que devem ser removidos antes do lançamento em uma ETE, pois podem gerar problemas nas instalações. Dessa forma, torna-se essencial que o resíduo passe por um tratamento preliminar;
- Com relação aos parâmetros físico-químicos pesquisados, o pH e a temperatura apresentaram menor variação nos resultados obtidos e os Sólidos Sedimentáveis e DQO foram os com maior coeficiente de variação, seguidos pelos Óleos e Graxas e Sólidos Totais. Os resultados de Nitrogênio e Fósforo não apresentaram muita variação, ficando com um coeficiente de variação entre 14 e 18% respectivamente.
- A porcentagem de resíduo de fossa lançado à ETE-Itumbiara no período da pesquisa representou apenas 0,064% de sua vazão média, o que pode não causar efeitos prejudiciais no sistema de tratamento existente;
- Quanto menor o pH do resíduo de fossa, maior a concentração de óleos e graxas.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WPCF, 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st Ed., Washington, USA.
- ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 15p., 1997.
- _____. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 60p., 1993.
- BELLI FILHO, P.; SOARES, H. M.; MATIAS, W. G.; PINTO, R. O.; CHAGAS, A.; CASTILHO, A. B. **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e lodo de tanque séptico**. In: Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Andreoli, C.V. (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009, 388p.
- BORGES, N. B. **Caracterização e pré-tratamentos de lodo de fossas e de tanques sépticos**. Dissertação (Mestrado). Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009, 150 p.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Contagem Populacional. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: maio/2013.
- EPA (ENVIRONMENTAL AGENCY PROTECTION). **Domestic Septage Regulatory Guidance**: United States Environmental Protection Agency. 1993.
- HARTMANN, C.M.; ANDREOLI, C.V.; EDWIGES, T.; LUPATINI, G.; ANDRADE NETO, C.O. **Definições, histórico e estimativas de geração de lodo séptico no Brasil**. In: Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Andreoli, C.V. (coordenador). Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 2009, 388p.
- INGUNZA, M.D.P.D.; ANDRADE NETO, C.O.; ARAÚJO, A.L.C.; SOUZA, M.A.A.; MEDEIROS, S.A.; BORGES, N.B.; HARTMANN, C.M. **Caracterização física, química e microbiológica do lodo de fossa/tanque séptico**. In: Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Andreoli, C.V. (coordenador). Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 2009, 388p.
- MACHADO JÚNIOR, A.R. **Avaliação das características físico-químicas e biológicas dos resíduos de tanques sépticos coletados por caminhões limpa fossa na cidade de Tubarão – SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, 2008, 112p.
- MENESES, C.G.R.; INGUNZA, M.P.D.; FARIAS, N.M.N.; CÂMARA, A.C.J. **Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo séptico-sumidouro da cidade de Natal**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21º, João Pessoa - PB. Anais eletrônicos, Rio de Janeiro: Abes. 2001, 5p.
- PEIXOTO, A.V.; HADDAD, K.B.; MAIA, C.H.; OLIVEIRA, G.H.; CARVALHO, E.H. **Caracterização físico-química de lodo séptico disposto na estação de tratamento de esgoto de Itumbiara**. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambientnal, XXXIII, Salvador – BA, Anais eletrônicos, 2012, 4p.
- PORTO, R.M. **Hidráulica Básica**. 3ª Ed., São Carlos: EESC-USP, 2004, 540p.
- RATIS, A. N. F. A. **Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual (RESTI) de esgotos domésticos de Natal**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. 118 p.

RIOS, F. P. **Avaliação de sistemas individuais de disposição de esgotos e das empresas limpa-fossas na região metropolitana de Goiânia.** Dissertação. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2010. 94p.

ROCHA, C.; SANT'ANNA, F.S.P. **Regulação para despejos de caminhões limpa-fossas na ETE-Jarivatuba, Joinville-SC.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23º, Campo Grande-MS. Anais eletrônicos, Rio de Janeiro: Abes. 2005, 7p.

RODRIGUES, M.C.; AMORIM, F.F.; FREITAS, M.C.; SOUZA, M.A.A. **Caracterização do lodo de fossas sépticas do Distrito Federal.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25º, Recife - PE. Anais eletrônicos, Rio de Janeiro: Abes. 2011, 14p.

SÁ, K. B.; VIEIRA, A. C. M.; CARVALHO, E. H. **Avaliação da variação das características do lodo de caminhões limpa-fossa em função do tempo de descarga.** In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental, XXXIII, Salvador – BA, Anais eletrônicos, 2012, 6p.

SAMWAYS, G.; HARTMANN, C.M.; EDWIGES, T.; AISSE, M.M.; ANDREOLI, C.V. **Resultados preliminares do tratamento do lodo de fossa séptica combinado com esgoto sanitário bruto, em reatores anaeróbios de fluxo ascendente, em escala piloto.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25º, Recife - PE. Anais eletrônicos, Rio de Janeiro: Abes. 2009, 14p.

SILVA, M.F.; SANT'ANNA, M.P.; SANTOS, F.B.A.; ROURE, S.Q. **Critérios para recebimento de resíduos transportados por caminhões limpa fossas.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26º, Porto Alegre-RS. Anais eletrônicos, Rio de Janeiro: Abes. 2011, 6p.

TACHINI, M.; BELLI FILHO, P.; PINHEIRO, A. **Avaliação do tratamento conjunto de lodo e tanques sépticos e esgotos domésticos em um RALF.** In: Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, VI, Vitória – ES. Anais eletrônicos, Rio de Janeiro: Abes. 2002, 8p.

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE MATA CILIAR: UMA ANÁLISE INTEGRADA DE PARÂMETROS BOTÂNICOS, METEOROLÓGICOS E DA GENOTOXICIDADE DO AR ATMOSFÉRICO

RIPARIAN FOREST ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS: AN INTEGRATED ANALYSIS OF BOTANICAL AND METEOROLOGICAL PARAMETERS AS WELL AS ATMOSPHERIC AIR GENOTOXICITY

Ledyane Rocha-Uriartt

Bióloga, Doutora em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale. Novo Hamburgo, RS, Brasil. ledyane@gmail.com

Mara Betânia B. Cassanego

Bióloga, Doutora em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale. maxyuri@terra.com.br

Diego Fedrizzi Petry Becker

Biólogo, Mestre em Qualidade Ambiental, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale. biologo.diego@yahoo.com.br

Annette Droste

Bióloga, Doutora em Genética e Biologia Molecular, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Professora titular do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale. annette@feevale.br

Jairo Lizandro Schmitt

Biólogo, Doutor em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Professor titular do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. jairols@feevale.br

RESUMO

O diagnóstico ambiental de três fragmentos de mata ciliar nos trechos superior (CA), médio (TA) e inferior (CB) do Rio dos Sinos, no sul do Brasil, foi realizado a partir de uma análise integrada de parâmetros botânicos, meteorológicos e da genotoxicidade do ar atmosférico. A análise demonstrou que em CA a mata ciliar apresentou um maior número de árvores, mais altas, com maior área basal, suportando uma riqueza epifítica maior. Além disso, a genotoxicidade do ar e o volume de precipitação de chuva foram superiores a TA e CB. Considerando que as respostas dos organismos são influenciadas pelas condições ambientais, os indicadores analisados sustentam a ideia de que a mata ciliar de CA ainda é uma área de referência, evidenciada principalmente pela elevada riqueza de epífitos vasculares incluindo espécies sensíveis às perturbações antrópicas, e pela ausência de risco genotóxico.

PALAVRAS-CHAVE: epífitos; potencial genotóxico; precipitação

ABSTRACT

The environmental assessment of three riparian forest fragments in the upper (CA), medium (TA) and lower (CB) sections of the Sinos River, in the southern part of Brazil was carried out by applying an integrated analysis of botanical and meteorological parameters as well as the atmospheric air genotoxicity. The analysis showed that the riparian forest at CA site had a greater number of trees that were taller, occupying a more basal area, supporting a higher epiphytic richness. Moreover, the air genotoxicity and the amount of rainfall were higher than at TA and CB sites. Considering that the organism responses are influenced by environmental conditions, the indicators analyzed supported the idea that the riparian forest at CA site is still a reference area, especially evidenced by the high richness of vascular epiphytes, including species susceptible to human disturbance and by the absence of genotoxic risk.

KEYWORDS: epiphytes; genotoxic potential; rainfall.

INTRODUÇÃO

As matas ciliares compreendem a vegetação que se forma naturalmente às margens dos rios, tendo como principal função a proteção do curso d'água, da biodiversidade e do solo (GREGORY *et al.*, 1991; OLIVEIRA-FILHO e RATTER, 1995; MUELLER, 1996). De acordo com estudos florísticos, as matas ciliares apresentam heterogeneidade na composição e estrutura comunitária das plantas (RIBEIRO-FILHO *et al.*, 2009). Essa heterogeneidade é resultado da interação entre fatores físicos e biológicos (RODRIGUES e NAVE, 2000).

As espécies epifíticas encontram naturalmente condições favoráveis para o seu desenvolvimento nas matas ciliares. O epifitismo consiste na interação harmônica entre duas espécies, na qual o epífito utiliza a planta hospedeira apenas como suporte. Os epífitos interagem diretamente com a atmosfera, retirando dela as substâncias das quais necessitam (BENNET, 1986; KRESS, 1986; WALLACE, 1989). Por isso, os epífitos apresentam crescimento lento (ZOTZ, 1995) e se beneficiam de um ambiente florestal íntegro para o seu desenvolvimento, sendo que a riqueza epifítica tem relação inversa à degradação da vegetação (JOHANSSON, 1989) e à redução da temperatura e precipitação (NIEDER *et al.*, 1996-1997; GIONGO e WAECHTER, 2004).

Assim como as plantas naturalmente ocorrentes podem responder às condições abióticas de um dado ambiente, sendo utilizadas como bioindicadoras passivas, indivíduos de espécies reconhecidamente indicadoras podem ser expostos por curtos períodos ao ar e, por meio de suas respostas, fornece importantes informações relativas aos efeitos da poluição atmosférica sobre os organismos (MARKERT, 2007). *Tradescantia pallida* (Rose) D. R. Hunt var. *purpurea* Boom é utilizada em avaliações integradas da qualidade ambiental (MERLO *et al.*, 2011; KIELING-RUBIO *et al.*, 2015) como indicadora de genotoxicidade do ar atmosférico. Durante o processo meiótico para a formação das células-mãe dos grãos de pólen, micronúcleos podem ser formados (MA, 1983) e são resultantes de quebras ou perdas cromossômicas provocadas pela exposição das plantas a agentes clastogênicos ou aneugênicos (MA *et al.*, 1994).

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, localizada na região nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil, encontra-se dividida nos trechos superior, médio e inferior, nos quais se observa um aumento na densidade populacional e das atividades industriais, bem como uma diminuição na cobertura florestal no sentido da nascente à foz (PROSINOS, 2014). O estudo dos impactos das atividades humanas pode revelar a ocorrência de gradientes ambientais de antropização sobre os ecossistemas naturais. A avaliação da qualidade ambiental exige métodos e instrumentos eficientes (RODRIGUES e CASTRO, 2008) que permitam uma análise conjunta de diferentes variáveis do ambiente, bem como das respostas dos organismos às condições ambientais. Na Bacia do Rio dos Sinos, Kieling-Rubio *et al.* (2015) realizaram um diagnóstico do cenário ambiental junto às nascentes de arroios, integrando parâmetros físico-químicos com bioensaios de genotoxicidade para avaliação da qualidade da água, e um protocolo de avaliação rápida para estimar o grau de conservação do ambiente.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental de fragmentos de mata ciliar do Rio dos Sinos a partir de parâmetros botânicos, meteorológicos e genéticos, testando a hipótese de que a riqueza de epífitos vasculares é maior no ambiente em que ocorre maior pluviosidade, onde o dossel florestal é mais fechado e a genotoxicidade do ar é menor.

MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos apresenta uma área de 3.820 km², distribuídos em 32 municípios, com uma população aproximada de 1.343.558 habitantes. Desse total, 94% residem em áreas urbanas, enquanto que 6% em áreas rurais (IBGE, 2015). Aproximadamente 20% da frota veicular do Estado pertence a esta região (DENATRAN, 2013), além de apresentar uma grande concentração de indústrias e uma série de impactos ambientais de origem antrópica, decorrentes dos intensos processos de urbanização (FIGUEIREDO *et al.*, 2010).

O presente estudo foi realizado em três fragmentos de mata ciliar do Rio dos Sinos, doravante denominados de sítios. O sítio 1 se encontra no trecho superior do rio, no município de Caraá (29°42'25,0"S e 50°17'27,8"O, 560 m alt.). Ele possui mais de 50 m de largura e está situado no local das principais nascentes do Rio dos Sinos, em uma região de encosta, com relevo acidentado. O sítio 2 se encontra no trecho médio do rio, no município de Taquara (29°40'46,8"S e 50°45'57,0"O, 57 m alt.). A distância entre os sítios 1 e 2 é de 37,4 km. O sítio 3 localiza-se em Campo Bom (29°40'54"S e 51°3'35"O, 29 m alt.), no trecho inferior do Rio dos Sinos. Os sítios 2 e 3 apresentam largura inferior a 30 m e a distância entre eles é de 26,8 km.

Em cada sítio, foi aplicado o protocolo de avaliação rápida da qualidade de habitats (PARH) adaptado de Environmental Protection Agency (EPA, 1987), Barbour *et al.* (1999) e Callisto *et al.* (2002). Foram analisados 16 parâmetros a partir de observações visuais: 1: tipo de ocupação das margens; 2: erosão nas margens e assoreamento do rio; 3: alterações antrópicas; 4: cobertura vegetal sobre a calha do rio; 5: odor da água e sedimento; 6: oleosidade da água e sedimento; 7: transparência da água; 8: tipo de fundo (composição); 9: tipo de fundo (diversificação); 10: extensão e frequência de rápidos; 11: tipo de substrato; 12: depósitos sedimentares; 13: alterações no canal do rio; 14: características do fluxo das águas; 15: estabilidade das margens; 16: extensão de mata ciliar. Após a aplicação do protocolo, foi realizado o somatório dos pontos de cada parâmetro, os quais foram convertidos para a escala proposta por Callisto *et al.* (2002) em que os valores obtidos representam: de 0 a 40 pontos – trecho impactado; de 41 a 60 pontos – trecho alterado; de 61 a 100 pontos – trecho natural.

Para a caracterização meteorológica, foi instalada em Caraá uma estação meteorológica móvel (Davis Vantage PRO 2 VP USB NS) próxima ao sítio. Em Taquara, os dados meteorológicos foram obtidos a partir da estação WS2812, instalada no campus das Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT, 2014) e em Campo Bom, por meio da estação automática mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014). Durante 24 meses, de abril de 2012 a março de 2014, foram obtidos dados de temperatura e precipitação dos três locais para o cálculo da temperatura média e precipitação acumulada no biênio.

Para a análise de parâmetros vegetacionais em cada sítio, foi traçado um transecto de 200 m paralelo ao rio e distante até 10 m do curso d'água. Foi estabelecido um ponto amostral a cada 20 m, totalizando 10 unidades amostrais por sítio. Por ponto amostral, foram selecionadas quatro árvores com diâmetro à altura do peito (DAP), mínimo de 10 cm, por meio do método de quadrantes centrados (COTTAM e CURTIS, 1956). Em torno de cada árvore, foi estabelecido um raio de 5 m, no qual foi contabilizado o número de outros indivíduos arbóreos (densidade) com DAP maior que 5 cm. O DAP e a altura desses indivíduos foram obtidos para o cálculo da área basal e altura média da vegetação de cada ponto amostral.

O levantamento das espécies epifíticas ocorrentes nas quatro árvores foi realizado para a obtenção da riqueza total. Foram atribuídas notas de cobertura para cada espécie de acordo com o tamanho e a abundância (KERSTEN e WAECHTER, 2011). Elas foram somadas para a obtenção da cobertura total por espécie em cada ponto amostral, considerando os 120 forófitos nas 30 unidades amostrais ao longo do Rio dos Sinos.

Para a análise do percentual de abertura do dossel em cada ponto amostral, foram tomadas fotos hemisféricas. As fotos foram obtidas com o auxílio da câmera fotográfica Sony modelo H5, acoplada à lente olho de peixe Raynox Digital, modelo DCR-CF 85 Pro, apoiada em um tripé, com cerca de 1,5 m de altura. A câmera foi nivelada e posicionada para o norte, conforme recomenda Garcia *et al.* (2007). Para a obtenção do grau de abertura, as imagens foram analisadas no programa GAP Light Analyzer, versão 2.0

(FRAZER *et al.*, 1999), calibrado conforme a altitude e coordenadas geográficas de cada local.

Para a avaliação da genotoxicidade do ar, plantas de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* foram cultivadas em vasos plásticos (37 cm x 20 cm x 20 cm), contendo 4 kg de solo comercial de um mesmo lote e mantidas em ambiente externo no campus da universidade. As plantas foram regadas três vezes por semana, e mensalmente foram aplicados 100 mL de solução de fertilizante N-P-K (nitrogênio-fósforo-potássio) na proporção de 10-10-10 (v-v-v), seguindo o método descrito por Thewes *et al.* (2011). Todos os exemplares derivaram de propagação vegetativa a partir de uma mesma população. Os bioensaios foram realizados bimensalmente, de maio de 2013 a março de 2014, segundo metodologia descrita por Ma *et al.* (1994), com adaptações (CASSANEGO *et al.*, 2014). Para cada exposição, 20 ramos (10 a 15 cm de comprimento) com botões florais foram coletados e imersos parcialmente em recipientes com 2 L de água destilada, permanecendo por 24 h para adaptação em sala climatizada, com temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Após, os recipientes com os ramos foram acondicionados em caixas térmicas e transportados até os sítios, onde foram expostos por um período de 8 h (9 às 17 h) na mata, a uma distância de 10 m do rio. Posteriormente, em sala climatizada, os ramos foram recuperados em água destilada por mais 24 h, tempo necessário para completar a meiose e permitir a observação de micronúcleos nas tétrades. Controles negativos foram realizados simultaneamente, com exposição dos ramos em sala climatizada no laboratório, seguindo a mesma metodologia. Após, os botões florais foram fixados em etanol: ácido acético (3:1 v:v) por 24 h e armazenados

em etanol 70% a 4°C . O preparo das lâminas microscópicas e a análise dos micronúcleos (MCN) em tétrades foi realizado de acordo com Thewes *et al.* (2011). Em cada lâmina foram contadas 300 tétrades e registrado o número de MCN, em um total de 10 lâminas por sítio em cada período amostrado, sob microscopia óptica em aumento de 400x (Olympus CX4). As frequências de micronúcleos foram expressas em MCN/100 tétrades (THEWES *et al.*, 2011).

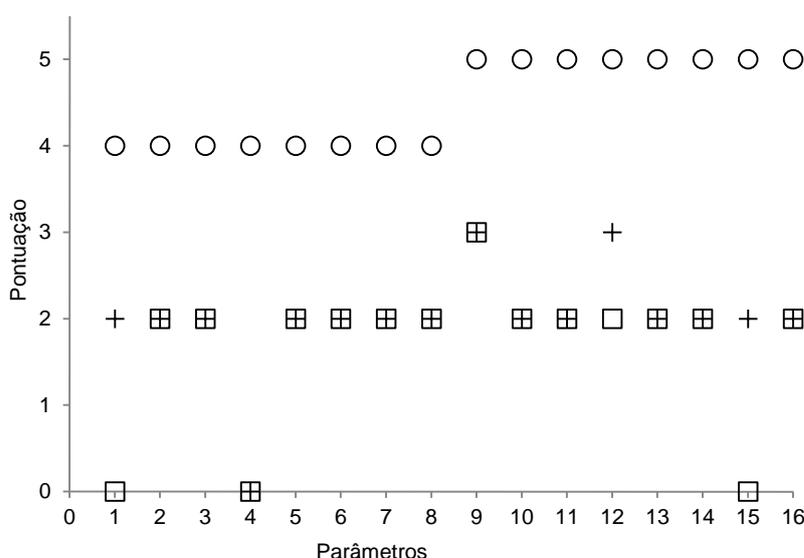
A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados de riqueza de epífitos vasculares, densidade, área basal, altura da vegetação, grau de abertura e variáveis climáticas de cada sítio não atenderam ao pressuposto de normalidade e foram comparados estatisticamente pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn a 5% de probabilidade no programa Statistica, versão 10.0. As frequências de MCN apresentaram distribuição normal e foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Diferenças entre médias foram verificadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa SPSS, versão 20.

Para verificar se existe variação na distribuição de espécies epifíticas que estariam relacionadas com parâmetros botânicos (estrutura da vegetação arbórea) e ambientais (meteorológicos e potencial genotóxico do ar), foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) no Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (PAST), versão 3.02 (HAMMER *et al.*, 2001). Foram incluídas na ordenação as espécies de epífitos vasculares com nota de cobertura total (NCT) superior a 100 considerando os 120 forófitos.

RESULTADOS

O resultado da avaliação dos 16 parâmetros do PARH classificou os fragmentos de mata ciliar de Caraá, Taquara e Campo Bom em, respectivamente, natural, alterado e impactado. Foi frequente a presença de depósitos de resíduos sólidos nas matas ciliares dos sítios de Taquara e Campo Bom, onde as margens do rio apresentaram-se instáveis e mais propensas à erosão (Figura 1).

Figura 1 - Pontuações no protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats aplicado nos trechos superior (Caraá: ○), médio (Taquara:



+) e inferior (Campo Bom: □) do Rio dos Sinos. Parâmetros 1 – 8: pontuação máxima (4: situação natural), intermediária (2: alteração leve) e mínima: (0: alteração severa); parâmetros 9 – 16: pontuação máxima (5: situação natural), intermediária (3: alteração leve; 2: alteração mediana) e mínima (0: alteração severa).

Considerando os 24 meses de monitoramento meteorológico, julho de 2012 e janeiro de 2014 foram, respectivamente, os meses mais frio e quente nos três municípios. Em Caraá, a temperatura variou de 13,0 a 24,6 °C, em Taquara de 14,4 a 27,4 °C e em Campo Bom de 12,8 a 26,5 °C. Para Caraá, Taquara e Campo Bom, a temperatura média do primeiro ano de monitoramento foi, respectivamente, de 18,9; 21,2 e 19,8 °C. No segundo ano, foram registradas as temperaturas de 21,2; 23,0 e 23,2 °C nos três municípios. A temperatura média do biênio foi estatisticamente equivalente entre os sítios ($H = 3,4$; $P = 0,2$), sendo $18,9 \pm 3,5$ °C em Caraá, $20,9 \pm 3,9$ °C em Taquara e $19,6 \pm 4,5$ °C em Campo Bom.

A precipitação mínima ocorreu durante o mês de novembro de 2012 em Caraá e Campo Bom (69,9 e 22 mm, respectivamente) e em junho de 2012 em Taquara (9,9 mm). Durante agosto de 2013, foram registrados os maiores valores para a precipitação nos três municípios (Caraá: 698,8 mm; Taquara: 400,3 mm e Campo Bom: 370,3 mm). A menor precipitação acumulada foi observada no primeiro ano de monitoramento (Caraá: 2.406,4 mm; Taquara: 1.280,1 mm e Campo Bom: 1.585,3 mm) e a maior, no segundo ano (Caraá: 2.673,06 mm; Taquara: 1.453,9 mm e Campo Bom: 2.047,8 mm). A precipitação acumulada durante os 24 meses foi significativamente maior ($H = 18,8$; $P < 0,01$) em Caraá (5.079,5 mm) quando comparada àquelas registradas em Taquara (2.734,0 mm) e Campo Bom (3.633,1 mm) (Figura 2).

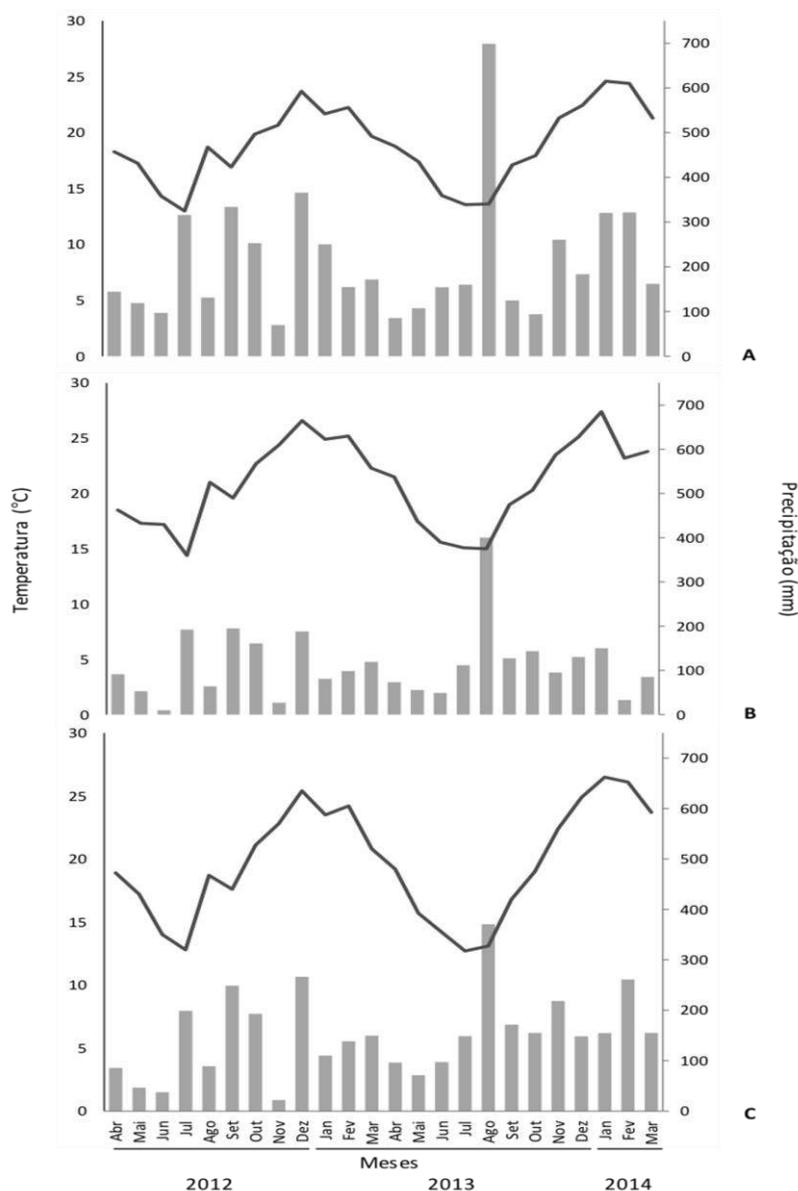


Figura 2 - Temperatura média e precipitação acumulada mensais no período de 24 meses nos municípios de Caraá (A), Taquara (B) e Campo Bom (C).

Foram inventariadas 74 espécies de epífitos vasculares em Caraá, 21 em Taquara e 20 em Campo Bom. Acompanhando a riqueza total, a média de epífitos por forófito foi significativamente maior ($H = 37,1$; $P < 0,01$) em Caraá ($11,8 \pm 11,7$ espécies forófito⁻¹), quando comparada aos outros sítios (Taquara: $4,8 \pm 3,3$ espécies forófito⁻¹; Campo Bom: $3,6 \pm 1,8$ espécies forófito⁻¹). As espécies que apresentaram as maiores notas de cobertura total, considerando os três sítios amostrais foram *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota (Nct: 398), *Vriesea incurvata* Gaudich. (Nct: 319), *Rhipsalis teres* (Vell.) Steud. (Nct: 305), *Pleopeltis pleopeltifolia* (Raddi) Alston (Nct: 239), *Aechmea calyculata* (E.Morren) Baker (Nct: 151) e *Niphidium crassifolium* (L.) Lellinger (Nct: 138).

Em Caraá, além de a vegetação ser mais rica em epífitos, foi registrada a árvore mais alta (31 m) e com o maior DAP (230,0 cm). Em Taquara, os valores de altura e DAP das árvores variaram de 2 a 12 m e de 5,0 a 70 cm; e em Campo Bom, de 3,5 a 5,8 m e de 5,0 a 48,5 cm. A densidade total de árvores foi de 377 em Caraá, 149 em Taquara e 108 em

Campo Bom. Em média, as árvores em Taquara ($7,2 \pm 1,1$ m) e em Campo Bom ($7,5 \pm 1,3$ m) foram significativamente menores em altura ($H = 16,7$; $P < 0,01$) quando comparadas com aquelas em Caraá ($9,0 \pm 1,6$ m). Também houve uma redução significativa da densidade de árvores ($H = 52,8$; $P < 0,01$) e da área basal da vegetação ($H = 49,6$; $P < 0,01$) em Taquara (densidade: $14,9 \pm 1,4$ ind⁻¹; área basal: $1,0 \pm 0,8$ m²) e em Campo Bom (densidade: $10,8 \pm 1,1$ ind⁻¹; área basal: $0,6 \pm 0,5$ m²) quando comparadas a Caraá (densidade: $37,7 \pm 5,5$ ind⁻¹; área basal: $2,6 \pm 1,9$ m²).

A abertura do dossel da mata ciliar variou de 10,4 a 18,6% em Caraá, enquanto que em Taquara de 19,7 a 32,5% e em Campo Bom de 17,1 a 21,8%. Em média, o percentual de abertura foi significativamente diferente entre os três sítios ($H = 45,9$; $P < 0,01$), sendo de $25,7 \pm 4,0\%$ em Taquara, de $18,90 \pm 1,90\%$ em Campo Bom e de $13,3 \pm 2,3\%$ em Caraá.

Botões florais de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* expostos no interior dos fragmentos de mata ciliar de Taquara e Campo Bom apresentaram frequências de micronúcleos (MCN) significativamente superiores (2,70 a 3,17 e 2,80 a 3,47, respectivamente) às frequências observadas nos botões expostos em Caraá (1,67 a 1,87) e do controle negativo (1,43 a 1,80) em todos os períodos de amostragem. Para Caraá, as frequências de MCN foram estatisticamente iguais às do controle negativo, e para Taquara elas não diferiram significativamente daquelas para Campo Bom (Tabela 1).

Tabela 1 - Frequência de micronúcleos em *Tradescantia pallida* var. *purpurea* exposta aos fragmentos de mata ciliar do Rio dos Sinos nos municípios de Caraá, Taquara e Campo Bom e do controle negativo. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$).

Exposições	Frequência de MCN (média \pm desvio padrão)				F	P
	Caraá	Taquara	Campo Bom	Controle		
Maio 2013	1,87 \pm 0,72b	3,07 \pm 0,52a	2,87 \pm 0,80a	1,53 \pm 0,52b	13,072	<0,001
Julho 2013	1,67 \pm 0,56b	2,77 \pm 0,65a	3,23 \pm 0,63a	1,43 \pm 0,32b	24,105	<0,001
Setembro 2013	1,73 \pm 0,52b	2,70 \pm 0,46a	3,27 \pm 0,70a	1,53 \pm 0,39b	24,904	<0,001
Novembro 2013	1,83 \pm 0,74b	3,13 \pm 0,63a	3,13 \pm 0,50a	1,70 \pm 0,33b	19,085	<0,001
Janeiro 2014	1,77 \pm 0,42b	3,17 \pm 0,50a	3,47 \pm 1,12a	1,70 \pm 0,37b	18,651	<0,001
Março 2014	1,77 \pm 0,39b	2,87 \pm 0,50a	2,80 \pm 0,48a	1,80 \pm 0,74b	12,526	<0,001
F	0,153	1,314	1,176	0,862		
P	0,978	0,272	0,333	0,513		

A análise ambiental integrada demonstrou a separação dos três sítios em decorrência da estrutura da vegetação arbórea e da flora epifítica, bem como dos fatores meteorológicos e da genotoxicidade do ar atmosférico. A ordenação explicou 88,9% da variação dos dados e demonstrou que onde a qualidade do ar atmosférico foi superior e choveu mais, a mata ciliar apresentou um maior número de árvores, mais altas com maior área basal, suportando uma maior riqueza epifítica. Essas características convergiram para as unidades amostrais de Caraá, onde as árvores estavam mais cobertas por *Aechmea calyculata*, *Niphidium crassifolium* e *Vriesea incurvata*. Em Taquara, onde a mata ciliar apresentou o dossel menos fechado e foram registradas temperaturas mais elevadas, *Pleopeltis pleopeltifolia* foi a espécie que cobriu mais as árvores. As unidades amostrais com maior grau de abertura do dossel apresentaram menor riqueza de epífitos vasculares, árvores mais baixas e de menor área basal. Em Campo Bom, houve uma maior cobertura dos forófitos por *Microgramma squamulosa* e *Rhizalis teres*. Nesses sítios houve uma simplificação da estrutura da vegetação e uma redução da precipitação e a genotoxicidade do ar atmosférico foi superior à registrada para o sítio em Caraá (Figura 3).

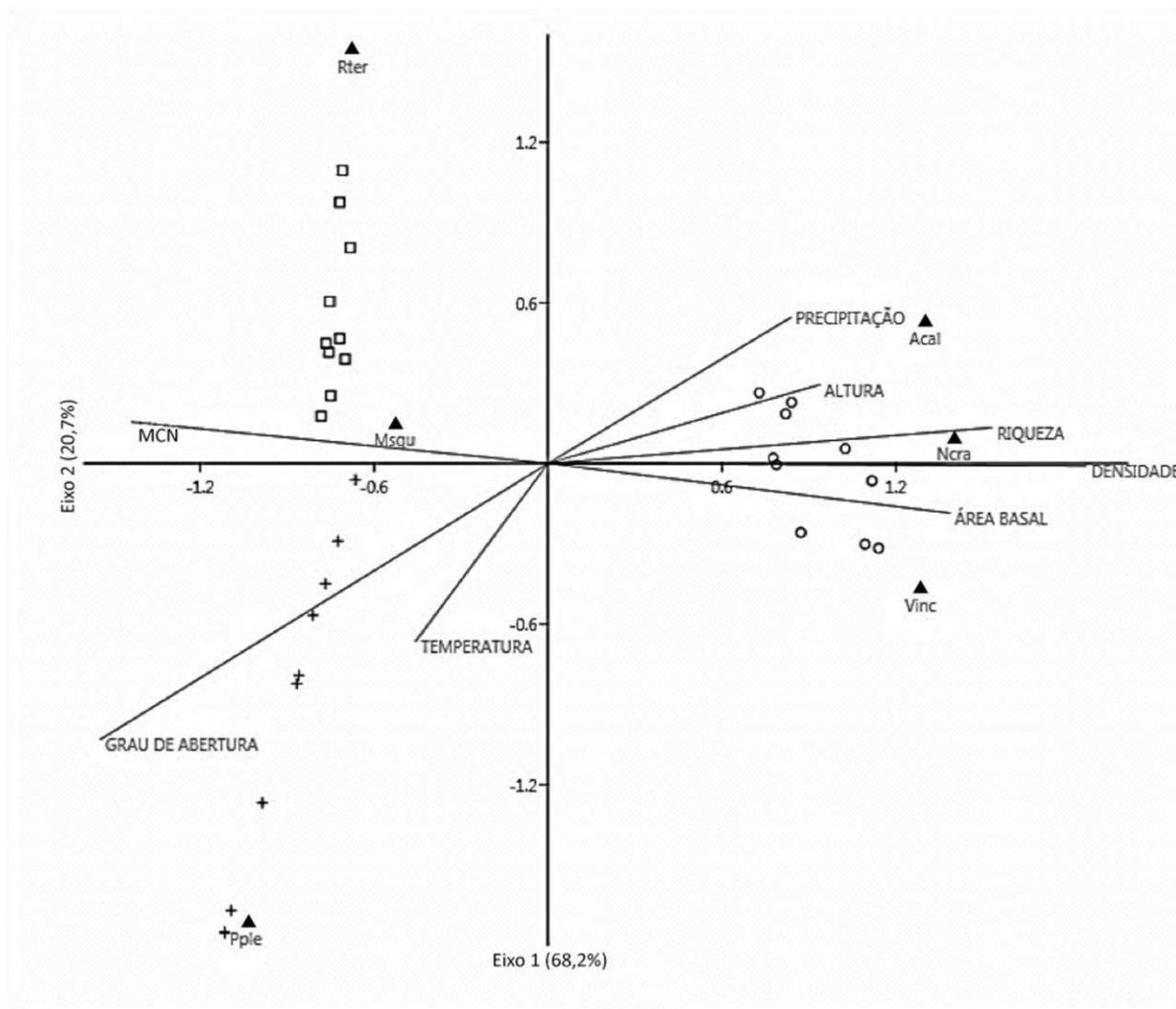


Figura 3 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) das variáveis vegetacionais, meteorológicas, da genotoxicidade do ar atmosférico (MCN) e das espécies com as maiores notas de cobertura (▲) na estrutura comunitária nos trechos superior (Caraá: ○), médio (Taquara: +) e inferior (Campo Bom: □) do Rio dos Sinos. Ncra: *Niphidium crassifolium*; Vinc: *Vriesea incurvata*; Acal: *Aechmea calyculata*; Pple: *Pleopeltis pleopeltifolia*; Msqu: *Microgramma squamulosa*; Rter: *Rhipsalis teres*.

DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade dos habitats é considerada fundamental para a análise da integridade ecológica, e as pontuações finais refletem o nível de conservação (BARBOUR *et al.*, 1999; CALLISTO *et al.*, 2002) decrescente dos trechos da bacia analisados, da nascente em direção à foz. Os impactos urbanos, principalmente o tipo de ocupação das margens e a devastação das matas ciliares, foram responsáveis pelas alterações mais graves nos trechos médio e inferior. No trecho inferior do rio, também foram observadas margens instáveis e o desenvolvimento de atividades industriais no entorno do fragmento, sendo esses os principais fatores que diferiram nos dois sítios.

A ausência de cobertura vegetal na calha do Rio dos Sinos, nos trechos médio e inferior, pode ser atribuída ao alargamento do rio, impedindo a comunicação entre as copas das árvores e aumentando a incidência luminosa diretamente no curso d'água. A remoção da vegetação ciliar aumenta a instabilidade das margens, levando a processos erosivos e assoreamento de rios, reduzindo a heterogeneidade de habitats aquáticos pela deposição de sedimento (BARRELLA *et al.*, 2000; MINATTI-FERREIRA e BEAUMORD, 2004).

A altura maior e a área basal da vegetação na nascente do Rio dos Sinos indicam que esse local apresenta uma vegetação mais antiga. Árvores maiores contribuem para o aumento da riqueza epifítica, uma vez que disponibilizaram maior tempo de colonização e mais micro-habitats para os epífitos (ANNASELVAM e PARTHASARATHY, 2001). A vegetação dos sítios de Taquara e Campo Bom foi menos densa, mais baixa e com menor área basal quando comparada à observada em Caraá. Esses valores evidenciaram que os sítios dos trechos médio e inferior encontram-se em estágio intermediário de sucessão, enquanto que a nascente está em estágio avançado, considerando os parâmetros determinados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2012).

A genotoxicidade do ar atmosférico nos fragmentos de mata ciliar de Taquara e Campo Bom foi revelada pelo bioensaio em *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, considerando que as células dos botões florais expostos nesses sítios apresentaram um aumento significativo nas frequências de MCN, em comparação

com aquelas registradas para Caraá e o controle negativo. Por sua vez, as frequências de MCN observadas para Caraá e o controle permaneceram abaixo de 2,0 MCN, limite considerado aceitável para frequências resultantes de mutações espontâneas quando as plantas são mantidas em ambiente não poluído (KLUMPP *et al.*, 2004; PEREIRA *et al.*, 2013).

As espécies que mais cobriram as árvores nos trechos de maior antropização da bacia (*Pleopeltis pleopeltifolia*, *Microgramma squamulosa* e *Rhipsalis teres*) suportam um dossel mais aberto, colonizam árvores mais jovens e toleram um ar atmosférico com maior potencial genotóxico. Essas espécies estão incluídas em famílias que agregam plantas amplamente adaptadas ao déficit hídrico (COUTINHO, 1962; DUBUISSON *et al.*, 2009) e que colonizam o ambiente em estágio pioneiro de sucessão (BAUER e WAECHTER, 2011; BONNET, 2011), ressaltando o caráter secundário das matas de Taquara e Campo Bom.

A elevada ocorrência de *Pleopeltis pleopeltifolia* nas unidades amostrais com maior exposição à luz solar e menor precipitação pode ser justificada por sua capacidade de reduzir os danos causados pela incidência solar por meio da poiquiloidria (MORAN, 2008). Da mesma forma, *Microgramma squamulosa* possui adaptações para suportar déficit hídrico (ROCHA *et al.*, 2013), além de poluição atmosférica, respondendo de forma mensurável a diferenças na qualidade do ar (ROCHA *et al.*, 2014).

A cobertura das árvores na nascente do Rio dos Sinos diferiu dos demais trechos analisados, sendo que em Caraá houve uma maior ocorrência de *Aechmea calyculata*, *Vriesea incurvata* e *Niphidium crassifolium*. As duas primeiras espécies são consideradas bromélias-tanque, cuja ocorrência foi restrita ao ambiente classificado como natural e com maior precipitação de chuva. Assim como no presente estudo, outros trabalhos relacionaram a predominância dessas plantas em áreas pouco impactadas e com maior pluviosidade (KERSTEN e SILVA, 2001; BORGIO e SILVA, 2003; BONNET, 2011). Essas três espécies não foram registradas em 60 ha de

floresta secundária localizada próxima à nascente do Sinos (BARBOSA *et al.*, 2015).

O gradiente decrescente de riqueza epifítica acompanhou a redução da qualidade do hábitat e da quantidade de chuva. Na nascente, o bom estado de conservação ambiental e a elevação da precipitação de chuva coincidem com o aumento da riqueza epifítica, comumente observado em florestas tropicais (NIEDER *et al.*, 1996-1997).

As baixas frequências de MCN registradas para Caraá podem estar relacionadas ao elevado grau de conservação da vegetação, à maior largura da mata ciliar e à distância em relação às possíveis fontes que liberam poluentes para a atmosfera. Além disso, a baixa densidade demográfica e o menor tráfego veicular no município em comparação com Taquara e Campo Bom (IBGE, 2015) podem contribuir para uma qualidade do ar melhor em Caraá. Enquanto que a frota de Caraá conta com 2.484 veículos, Taquara e Campo Bom contam, respectivamente, com 30.494 e 36.930 veículos (IBGE, 2015). As frequências significativas de MCN encontradas nas plantas expostas nas matas

ciliares de Taquara e Campo Bom provavelmente estão relacionadas aos efeitos genotóxicos de poluentes atmosféricos, liberados principalmente pelo intenso tráfego veicular na região (TEIXEIRA *et al.*, 2012; IBGE, 2015), considerando-se a proximidade das áreas urbanas e a rodovias com alto fluxo veicular. Na rodovia estadual ERS 239, que passa pelo perímetro urbano dos municípios de Taquara e Campo Bom, a circulação veicular é de aproximadamente 668 mil veículos por mês (EGR, 2014). A rodovia federal BR 116, principal via de ligação entre os municípios do trecho inferior Bacia do Rio dos Sinos com a capital do Estado, Porto Alegre, também apresenta alto fluxo veicular com cerca de 150 mil veículos por dia (MIGLIAVACCA *et al.*, 2012), o que contribui para o aumento de poluentes potencialmente tóxicos ou genotóxicos no ar. A capacidade de dispersão e acumulação dos poluentes no ar atmosférico pode provocar efeitos negativos aos organismos até mesmo em fragmentos florestais (MERLO *et al.*, 2011), principalmente quando estes apresentam alto índice de degradação, como as matas ciliares dos trechos médio e inferior da Bacia do Rio dos Sinos.

CONCLUSÕES

O sítio classificado como natural apresentou as melhores condições vegetacionais, meteorológicas e de qualidade do ar atmosférico, sustentando uma maior riqueza epifítica. Além disso, foram registradas espécies sensíveis às perturbações antrópicas apenas nesse trecho da bacia, acentuando a necessidade de preservação da nascente do Rio dos Sinos.

Os resultados obtidos no presente estudo reforçam a importância da avaliação integrada dos fatores bióticos e abióticos, considerando que as respostas dos organismos são influenciadas pelas condições prevalentes no ambiente. Embora a interpretação direta da integridade ecológica pelas variáveis ambientais e respostas dos seres vivos seja complexa, os indicadores utilizados para avaliação da qualidade ambiental permitiram apontar a mata ciliar de Caraá como uma área de referência, evidenciados pela riqueza de epífitos e pela ausência de genotoxicidade em *Tradescantia pallida* var. *purpurea* neste fragmento florestal.

REFERÊNCIAS

- ANNASELVAM, J.; PARTHASARATHY, N. Diversity and distribution of herbaceous vascular epiphytes in a tropical evergreen forest at Varagalaia, Western Ghats, India. **Biodiversity & Conservation**, v. 10, n. 3, p. 317-329, 2001.
- BARBOSA, M. D.; BECKER, D. F. P.; CUNHA, S.; DROSTE, A.; SCHMITT, J. L. Vascular epiphytes of the Atlantic Forest in the Sinos River basin, state of Rio Grande do Sul, Brazil: richness, floristic composition and community structure. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2 (Suppl.), p. 25-35, 2015.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J. SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. **Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish**. 2. ed. Washington: Environmental Protection Agency, 1999. 344 p.
- BARRELLA, W.; PETRERE Jr., M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as Matas ciliares, os rios e os peixes. In: Rodrigues, R. R.; Leitão-Filho, H. F. **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000. p. 187-208.
- BAUER, D.; WAECHTER, J. L. Padrões geográficos de cactáceas epifíticas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, v. 62, p. 239-251, 2011.
- BENNET, B. C. Patchiness, diversity, and abundance relationships of vascular epiphytes. **Selbyana**, v. 9, p. 70-75, 1986.
- BONNET, A. Flora epifítica vascular em três unidades vegetacionais do Rio Tibagi, Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, v. 62, n. 3, p. 491-498, 2011.
- BORGO, M., SILVA, S. M. Epífitos vasculares em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p. 391-401, 2003.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 34, p. 91-97, 2002.
- CASSANEGO, M. B. B.; COSTA, G. M.; SASAMORI, M. H.; ENDRES JÚNIOR, D.; PETRY, C. T.; DROSTE, A. The *Tradescantia pallida* var. *purpurea* active bioassay for water monitoring: evaluating and comparing methodological conditions. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 3, p. 424-433, 2014.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA**: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: MMA, 2012. 1126 p.
- COTTAM, G.; CURTIS, J. T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, v. 37, n. 3, p. 451-460, 1956.
- COUTINHO, L. M. Contribuição ao Conhecimento da Ecologia da Mata Pluvial Tropical. Estudo do Balanço D'água de sua Vegetação. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, v. 18, p. 11-219, 1962.
- DENATRAN. **Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito**, 2013. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota2013.htm>. Acesso em: 03 dezembro 2013.
- DUBUISSON, J. Y.; SCHNEIDER, H.; HENNEQUIN, S. Epiphytism in ferns: diversity and history. **Comptes Rendus Biologies**, v. 332, p. 120-128, 2009.
- EGR. **Empresa Gaúcha de Rodovias**, 2014. Disponível em: <http://www.egr.rs.gov.br/conteudo/1716/volume-de-trafeago>. Acesso em: 02 setembro 2014.

EPA (Environmental Protection Agency). **Biological criteria for the protection of aquatic life**. Division of Water Quality Monitoring Assessment. v. 1-III. Ohio: Columbus, 1987. 120 p.

FACCAT. **Estação WS2812, instalada no campus da FACCAT**, 2014. Disponível em: <http://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IRIOGRAN17>. Acesso em: 09 abril 2014.

FIGUEIREDO, J. A. S.; DRUMM, E.; RODRIGUES, M. A. S.; SPILKI, F. R. The Rio dos Sinos watershed: an economic and social space and its interface with environmental status. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 1131-1136, 2010

FRAZER, G. W., CANHAM, C. D., LERTZMAN, K. P. **Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0**: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. New York: Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, 1999.

GARCIA, L. C. REZENDE, M. Q.; PIMENTA, M. A.; MACHADO, R. M.; LEMOS-FILHO, J. P. de. Heterogeneidade do dossel e quantidade de luz no recrutamento do sub-bosque de uma mata ciliar no Alto São Francisco, Minas Gerais: análise através de fotos hemisféricas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 99-101, 2007.

GIONGO, C.; WAECHTER, J. L. Composição florística e estrutura comunitária de epífitos vasculares em uma floresta de galeria na depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, p. 563-572, 2004.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; CUMMINS, K.W. An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience**, v. 41, n. 8, p. 540-551, 1991.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v. 4, 2001.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Pesquisas de Geografia e Estatística**, 2015. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/232UY>. Acesso em: 31 março 2015.

INMET. **Consulta Dados da Estação Automática: CAMPO BOM (RS)**, 2014. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo.php?QTg4NA. Acesso em: 08 maio 2014.

JOHANSSON, D. R. Vascular epiphytism in Africa. In: Lieth, H.; Werger, M. J. **Tropical rain forest ecosystems: Ecosystems of the world**. v. 14b. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 7-53.

KERSTEN, R. A.; SILVA, S. M. Composição florística e distribuição espacial de epífitas vasculares em floresta da planície litorânea da Ilha do Mel, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 213-226, 2001.

KERSTEN, R. A.; WAECHTER, J. L. Métodos quantitativos no estudo de comunidades epifíticas. In: Felfili-Fagg, J. M.; Eisenlohr, P. V.; Melo, M. M. R. F.; Andrade, L. A.; Meira Neto, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. v. 1. 1. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2011. p. 156-176.

KIELING-RUBIO, M. A.; BENVENUTI, T.; COSTA, G. M.; RODRIGUES, M. A. S.; SCHMITT, J. L.; DROSTE, A. Integrated environmental assessment of streams in the Sinos River basin in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2 (Suppl.), p. 105-113, 2015.

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; FOMIN, A.; SCHNIRRING, S.; PICKL, C. Influence of climatic conditions on the mutations in pollen mother cells of *Tradescantia* clone 4430 and implications for the Trad-MCN bioassay protocol. **Hereditas**, v. 141, p. 142-148, 2004.

KRESS, J. Symposium: The biology of tropical epiphytes. **Selbyana**, v. 9, p. 1-22, 1986.

MA, T. H. *Tradescantia* micronucleus (Trad-MCN) test of environmental clastogens, In: Kolber, A. R.; Wong, T. K.; Grant, L. D.; Dewonki, R. S.; Hughes, T. J. **In vitro Toxicity Testing of Environmental Agents: Current and Future Possibilities**. New York: Plenum, 1983. p. 191-214.

MA, T. H.; CABRERA G. L.; CHEN, R.; GILL, B. S.; SANDHU, S. S.; VANDENBERG, A. L.; SALAMONE, M. F. *Tradescantia* micronucleus bioassay. **Mutation Research**, v. 310, p. 221-230, 1994.

MARKERT, B. Definitions and principles for bioindication and biomonitoring of trace metals in the environment. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 21, p. 77-82, 2007.

MERLO, C. ABRIL, A.; AMÉ, M. V.; ARGÜELLO, G. A.; CARRERAS, H. A.; CHIAPPERO, M. S.; HUED, A. C.; WANNAZ, E.; GALANTI, L. N.; MONFERRÁN, M. V.; GONZÁLEZ, C. M.; SOLÍS, V. M. Integral assessment of pollution in the Suquía River (Córdoba, Argentina) as a contribution to lotic ecosystem restoration programs. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 5034-5045, 2011.

MIGLIAVACCA, D. M.; TEIXEIRA, E. C.; RODRIGUEZ, M. T. R. Composição química da precipitação úmida da região metropolitana de Porto Alegre, Brasil, 2005-2007. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p. 1075-1083, 2012.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no Município de Brusque, SC. **Revista Saúde & Ambiente**, v. 4, n. 2, p. 21-27, 2004.

MORAN, R. C. Diversity, biogeography, and floristics. In: Ranker, T. A.; Haufler, C. H. **Biology and evolution of ferns and lycophytes**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. p. 367-394.

MUELLER, C. C. Gestão de matas ciliares. In: Lopes, I. V. **Gestão Ambiental no Brasil: experiência e sucesso**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1996. p. 185-214.

NIEDER, J.; IBISCH, P. L.; BARTHOLOTT, W. Biodiversidad de epifitas - una cuestión de escala. **Revista del Jardín Botánico Nacional**, v. 18, p. 59-62, 1996-1997.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141-194, 1995.

PEREIRA, B. B.; CAMPOS-JÚNIOR, E. O.; MORELLI, S. *In situ* biomonitoring of the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil, using a *Tradescantia* micronucleus assay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 87, p. 17-22, 2013.

PROSINOS. **Caracterização Socioambiental da região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**, 2014. Disponível em: <http://www.portalprosinos.com.br/conteudo.php?id=bacia>. Acesso em: 02 outubro 2014.

RIBEIRO-FILHO, A. A.; FUNCH, L. S.; RODAL, M. J. N. Composição florística da floresta ciliar do rio Mandassaia, Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 2, p. 265-276, 2009.

ROCHA, L. D.; DROSTE, A.; GEHLEN, G.; SCHMITT, J. L. Leaf dimorphism of *Microgramma squamulosa* (Polypodiaceae): a qualitative and quantitative analysis focusing on adaptations to epiphytism. **Revista de Biologia Tropical**, v. 61, n. 1, p. 291-299, 2013.

ROCHA, L. D.; COSTA G. M.; GEHLEN G.; DROSTE A.; SCHMITT J. L. Morphometric differences of *Microgramma squamulosa* (Kaulf.) de la Sota (Polypodiaceae) leaves in environments with distinct atmospheric air quality. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 3, p. 1137-1146, 2014.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008.

RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. de F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: FAPESP, 2000. p. 45-71.

TEIXEIRA, E. C.; MATTIUZI, C. D. P.; FELTES, S.; WIEGAND, F; SANTANA, E. R. R. Estimated atmospheric emissions from biodiesel and characterization of pollutants in the metropolitan area of Porto Alegre-RS. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 655-667, 2012.

THEWES, M. R.; ENDRES-JÚNIOR, D.; DROSTE, A. Genotoxicity biomonitoring of sewage in two municipal wastewater treatment plants using the *Tradescantia pallida* var. *purpurea* bioassay. **Genetics and Molecular Biology**, v. 34, n. 4, p. 689-693, 2011.

ZOTZ, G. How fast does an epiphyte grow? **Selbyana**, v. 16, p. 150-154, 1995.

MEIO AMBIENTE E PARTICIPAÇÃO SOCIAL: A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO PARA O SETOR DO SANEAMENTO BÁSICO

ENVIRONMENT AND SOCIAL PARTICIPATION: THE IMPORTANCE OF PLANNING SANITATION SERVICES

Cristina Maria Dacach

Fernandez Marchi

Programa de Pós-Graduação em Planejamento Ambiental - PPGPA/UCSAL, Universidade Católica do Salvador – Estado da Bahia

crisrina.marchi@ucsal.br

RESUMO

Para o PNUD, o progresso equitativo e sustentável de um país é fruto do esforço na elaboração e implementação de planejamento sistemático. A ausência de saneamento básico nos municípios traz grandes impactos ao meio ambiente. Em 2007, a Lei 11.445 instaurou o planejamento participativo visando à universalização e à redução dos danos ao meio ambiente. Este estudo teve como objetivo desenvolver uma proposição, em forma de fluxogramas, que possa contribuir para o sucesso do planejamento participativo municipal. A metodologia adotada foi o estudo exploratório. A pesquisa desenvolvida é qualitativa e o seu delineamento deu-se por meio da pesquisa bibliográfica, na qual foi preconizada a abordagem explicativa para a elucidação dos eventos. O desenvolvimento e a organização da proposição por meio de fluxogramas facilitam a compreensão de como se elabora um plano municipal de saneamento básico, exemplo de planejamento participativo, que se encontra inserido nas Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.

PALAVRAS CHAVE: planejamento participativo; Lei 11.445/2007; saneamento básico.

ABSTRACT

For UNEP, a country's equitable and sustainable progress is the result of the effort in developing and implementing systematic planning. The lack of sanitation in the cities brings a great impact on the environment. In 2007, the Brazilian Law n. 11.445 established the participatory planning aiming universalized services to promote health and to reduce the environmental damages. The aim of this study is to develop a proposal, utilizing flowcharts, which could contribute to the accomplishment of municipal participatory planning. The methodology starts with an exploratory study and then moves into a qualitative research. By developing and organizing this proposition using flowcharts, it could facilitate enough understanding in order to prepare a municipal plan of sanitation, which is inserted in the National Guidelines for Basic Sanitation.

KEYWORDS: participatory planning; Brazilian sanitation law; sanitation services

MEIO AMBIENTE E PARTICIPAÇÃO SOCIAL: A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO PARA O SETOR DO SANEAMENTO BÁSICO

Elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, o Relatório sobre o Desenvolvimento Humano do ano de 2014, intitulado *Sostener el Progreso Humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia* assegura que uma maior vulnerabilidade se manifesta entre aqueles que vivem na extrema pobreza; a vulnerabilidade é multidimensional e ameaça o desenvolvimento humano. Para o PNUD, o progresso equitativo e sustentável de um país é fruto do esforço na elaboração e implementação de planejamento sistemático, formativo de políticas e normas sociais. Preconiza que todas as pessoas têm o mesmo valor e que a universalização dos serviços relacionados à educação, à saúde e aos serviços básicos requer atenção diferenciada. Para que todos tenham os mesmos direitos é necessário tratamento diferente para os mais desfavorecidos (PNUD, 2014).

A quem cabe promover a universalização dos serviços básicos? Políticas inclusivas devem ser planejadas e aplicadas pelo Estado? Para Yasbek (2004), as propostas estatais ligadas às políticas inclusivas “são reducionistas e voltadas para situações extremas, com alto grau de seletividade e focalização, direcionadas aos mais pobres entre os pobres, apelando à ação humanitária e/ou solidária da sociedade” (YASBEK, 2004:104).

Uma saída pode ser encontrada na Constituição brasileira de 1988, que apresenta uma nova configuração do planejamento e da gestão nas políticas públicas, estabelecendo mecanismos participativos dos processos decisórios. A partir de 2007, inúmeros princípios da Lei 11.445, que estabelecem as diretrizes nacionais para o saneamento básico, conduzem à ideia de participação e controle social (BRASIL, 2007). Apesar desse marco legal, os serviços de saneamento básico, ou seja, os serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de coleta, de tratamento e destinação final de resíduos sólidos e de drenagem e o manejo das águas pluviais não estão disponibilizados de forma equitativa no País. Esses serviços são fundamentais para o desenvolvimento humano e para a preservação ambiental e devem ser distribuídos de forma adequada para garantir a saúde pública, a segurança da vida e do patrimônio público e privado (BRASIL, 2007).

A má distribuição dos serviços de saneamento básico no Brasil é retratada há anos pelo Sistema Nacional de Informações de Saneamento – SNIS, do Ministério das Cidades, que elabora anualmente o Diagnóstico dos Serviços de Água, de Esgotos e de Resíduos Sólidos no território nacional. Esses Diagnósticos contêm dados enviados voluntariamente por prestadores de serviços. Segundo o SNIS (2014), as informações levantadas em 2013 mostraram que mais de cinco mil municípios enviaram dados sobre a prestação dos serviços de abastecimento de água, o que significa uma representatividade de 97,6% em relação à população urbana do Brasil. Para o esgotamento sanitário, três mil, setecentos e trinta municípios informando suas situações, o que representa uma população urbana de 154,7 milhões de habitantes, representatividade de 91,1% em relação à população urbana do Brasil. Para 2013, deverá causar uma grande inquietação aos gestores municipais o fato de que menos da metade da população da amostra recebe o serviço de coleta dos esgotos (48,6%); e, mais preocupante ainda, é que somente 39% dos esgotos foram tratados. A constatação é que, embora o Diagnóstico ressalte que o volume de esgotos tratados saltou de 3,586 bilhões de m³ em 2012 para 3,624 bilhões de m³ em 2013, correspondendo a um incremento de 1,1% (BRASIL, 2014), a natureza é a maior prejudicada. Quando os efluentes domésticos, comerciais e industriais não são tratados, o solo, os rios, os mares, os mananciais são afetados, contribuindo para um elevado comprometimento ambiental e prejuízo à saúde pública, principalmente quando se trata da população mais vulnerável.

Mas, como promover tratamento igualitário para uma já tímida distribuição dos serviços? Para Galvão Junior (2009) são grandes os desafios postos à universalização dos serviços de saneamento. Ele estima que, para o ano de 2020, somente para os serviços de abastecimento de água e os de esgotamento sanitário, serão necessários investimentos na ordem de cento e setenta e oito bilhões de Reais. O autor alerta que não só o alto volume de recursos para as obras de infraestrutura evidencia as dificuldades do setor, outras dificuldades se encontram em questões institucionais,

como os mecanismos de políticas públicas, a titularidade e a regulação dos serviços, impedindo a ampliação dos índices de cobertura, inibindo investimentos em expansão e reposição da infraestrutura sanitária instalada.

No que se refere às questões institucionais, é necessário lembrar que o saneamento oferece serviços que demandam estrita observância às normas, procedimentos e regulamentos, além da verificação do cumprimento da legislação em vigor e da efetivação de um Contrato de Programa entre entes federados. Como gestores públicos de pequenos e médios municípios, sem aportes financeiros, tampouco de recursos humanos e técnicos, podem atender a tais normas, regulamentos, legislações? Gestores municipais alegam não possuir técnicos capacitados para a elaboração de trabalhos dessa natureza ou verbas para a contratação de profissionais para tal fim (AESBE, 2010).

O assunto é de tal diversidade e importância que o município que necessite assinar um Contrato de Programa para atender aos serviços públicos de saneamento básico deverá observar alguns requisitos: i) verificar se o estado da federação tem lei estadual que o autorize celebrar Convênio de Cooperação entre Entes Federados; ii) elaborar e assinar um Convênio de Cooperação entre o município e o ente federado; iii) providenciar que o Convênio de Cooperação celebrado seja autorizado ou ratificado por Lei Municipal; iv) haver uma entidade de regulação e fiscalização dos serviços a serem prestados; v) elaborar e editar um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB); vi) elaborar um estudo técnico e econômico-financeiro onde fique demonstrado a viabilidade da prestação dos serviços mediante Contrato de Programa (art. 13 da Lei Federal nº. 11.107, de 2005); e vii) celebrar Contrato de Programa entre o Município e o prestador de serviços de saneamento básico.

Deve ser destacado o item v, a elaboração e edição do PMSB, já que a Lei 11.445 determinou o planejamento como instrumento fundamental para se promover o acesso universal aos serviços de saneamento básico, determinação que coaduna com a perspectiva de esforço na elaboração e implementação de planejamento sistemático, formativo de políticas e normas sociais, retratada pelo Relatório do PNUD 2014.

Neste cenário, desde 2007, todos os municípios brasileiros devem formular as suas políticas públicas, sendo o PMSB o instrumento de definição de programas, ações e projetos necessários para atingir a estratégia da universalização.

Partindo-se destes pressupostos, este estudo teve como objetivo desenvolver uma proposição, em forma de fluxogramas, que possa contribuir para o sucesso do planejamento participativo municipal inserido na Lei 11.445/2007.

O desenvolvimento e a organização dos fluxogramas aqui propostos podem promover a compreensão das fases essenciais e apoiar o processo de elaboração participativa deste instrumento de planejamento, considerado pelas razões expostas acima como de papel preponderante para a promoção da salubridade ambiental e da universalização dos serviços de saneamento básico.

METODOLOGIA

A metodologia adotada foi o estudo exploratório. O estudo exploratório teve como finalidade buscar a ampliação do conhecimento sobre a elaboração dos planos municipais de saneamento básico, de modo a garantir familiaridade com o tema e contribuir para a difusão de informações que possam responder algumas questões sobre a universalização dos serviços de saneamento e a preservação do meio ambiente. A pesquisa desenvolvida é qualitativa e o seu delineamento se deu por meio da pesquisa bibliográfica. Quanto aos procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação dos eventos encontrados, o estudo se desenvolveu num ambiente que preconizou a abordagem explicativa, pois visou identificar os fatores que contribuem para a ocorrência de determinados fenômenos (GIL, 1991), ou seja, se busca aprofundar o conhecimento dos fatores que contribuem para o desenvolvimento da participação

social durante a elaboração e a implementação do PMSB, visando simplificar e ilustrar as etapas para a sua consecução.

A construção dos fluxogramas propostos foi conduzida pela análise do modelo recomendado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, vinculada ao Ministério das Cidades, além de informações obtidas por meio do exame de bancos de dados secundários, originadas de instituições governamentais e não governamentais.

O desenvolvimento e a organização dos fluxogramas em três fases facilitam a compreensão de como se elabora este tipo de plano, um exemplo de planejamento participativo, que se encontra inserido nas Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.

O PLANEJAMENTO E A GESTÃO MUNICIPAL PARTICIPATIVA

Este estudo tomou por base duas ferramentas das políticas públicas: a do planejamento e a da gestão municipal, interligando-as com a participação da sociedade nas escolhas das metas, dos planos, dos programas, dos objetivos e das estratégias a serem adotados nos serviços de saneamento básico.

Planejamento Urbano e Planejamento Estratégico Municipal

Adotando o estudo de Pfeiffer (2000) como modelo explicativo sobre a mudança do contexto municipal brasileiro desde a Constituição de 1988, ações mais vigorosas e novas competências são necessárias para o trabalho de implementação das políticas públicas devido à transferência de gestão e de encargos do governo central para o local. Os municípios não se aparelharam para tanto; a transferência de responsabilidades não foi acompanhada pela preparação e fortalecimento dos municípios, já que as prefeituras não possuem condições organizacionais, técnicas e administrativas para aproveitar a autonomia adquirida, além de enfrentar a globalização, que vem trazendo mudanças na estrutura econômica do Brasil, competição entre os municípios e terceirização de serviços (Pfeiffer, 2000). Estes fatores vêm estimulando a governança pública a adotar novas práticas de desenvolvimento urbano, práticas estas

que respondam a um gerenciamento moderno e dinâmico, que sejam capazes de lidar adequadamente com as influências externas.

Tais influências vêm trazendo incertezas aos gestores municipais, o que implica na adoção de uma dinâmica permanente de planejamento, execução, monitoramento, avaliação e ajustes. O planejamento abrange decisões e escolhas de alternativas em torno da análise e leituras de cenários que envolvem fatores culturais, sociais, econômicos, ambientais, políticos, dentre outros. O planejamento pode ser entendido como processo para determinar ações futuras, através de uma sequência de escolhas (DAVIDOFF e REINER, 1973 apud SABOYA, 2013).

Pfeiffer (2000) considera planejamento como a definição deliberada e intencional de objetivos e das ações necessárias para o alcance desses objetivos.

Não é tarefa fácil a tomada de decisões pelo gestor público visando à adoção de novas práticas. No trabalho de Saboya (2013), a decisão é entendida como

um processo de consideração e reflexão sobre uma situação problemática, a escolha de caminhos possíveis, bem como o alcance de uma conclusão com relação ao curso das futuras ações. Entretanto, é frágil a convicção de que determinadas deliberações darão o resultado esperado. No caso de processos decisórios participativos, constante atenção e conhecimento das condições sob as quais a convicção aparece, pode auxiliar a tomada de decisões sem distorções ou com efeitos negativos minimizados.

Nesse processo de deliberações, Saboya (2013) propõe uma classificação das decisões relevantes para o planejamento urbano: 1 - Decisões de primeira ordem: decisões executivas, são aquelas que acontecem quando são tomadas por um ator que se compromete e empreende todos os esforços para que sejam efetivadas; 2- Decisões de segunda ordem: decisões substantivas, são aquelas que envolvem o conteúdo do plano (estratégias, programas, ações, normas reguladoras) e definem aonde se quer chegar (objetivos) e, 3 - Decisões de terceira ordem: decisões vinculadas aos aspectos processuais, são aquelas que apresentam as condições sob as quais as decisões de segunda ordem serão tomadas. O autor afirma que os estudos ligados à teoria do planejamento encontram suporte nos aspectos processuais ligados às Decisões de terceira ordem.

No Brasil, a Constituição federal de 1988 previu instauração da função social da cidade, tratando da política urbana e de uma série de instrumentos de planejamento, visando garantir no âmbito de cada município, o direito à cidade, a defesa da função social da cidade, a propriedade e a democratização da gestão urbana. A Lei nº 10.257/2001, Estatuto da Cidade, contempla um conjunto de princípios e uma série de instrumentos que permitem a construção participativa de cidades sustentáveis e democráticas. Dentro do texto do Estatuto das Cidades foi criado o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), que preserva o caráter municipalista e dá ênfase à gestão participativa. O PDDU é obrigatório para todas as cidades brasileiras com mais de 20 mil habitantes e visa favorecer a discussão e a apresentação de soluções e projetos para os problemas das cidades.

Para Fernandes & Sampaio (2006) a participação comunitária deve ser orientada para transformar boas

ideias na efetivação de ações que lhe digam respeito. Para os autores, o planejamento participativo é instrumento que busca intervir na realidade, e durante o seu desenvolvimento três momentos podem ser destacados: a autocrítica, o diálogo aberto e a ação dos interessados. Estes processos podem até conduzir a resultados que extrapolam o âmbito espacial dos coordenadores da proposição inicial.

Caso ilustrativo é o Plano Diretor das Cidades, estimulado pelo Estado buscando um determinado objetivo, muitas vezes, o produto final é surpreendente. Pfeiffer (2000) acredita que, como foi concebido, o Plano Diretor das Cidades se configura como instrumento primordialmente político, enquanto o desenvolvimento das cidades ocorre independente dele. Esse autor aponta o Planejamento Estratégico como uma das práticas administrativas que pode lidar adequadamente com processos dinâmicos de mudanças e transformações para o setor público. O autor apresenta o Planejamento Estratégico Municipal - PEM como um método que integra a filosofia e alguns dos instrumentos do Planejamento Estratégico com as necessidades específicas de planejamento municipal. A aplicação da técnica de Planejamento Estratégico, amplamente utilizada no setor privado, auxilia as organizações, mesmo as públicas, a direcionarem suas forças internas para que trabalhem na mesma direção, bem como a analisarem o ambiente externo, buscando lidar de forma apropriada com situações complexas. Esse esforço tem como base o diagnóstico “cuja apresentação muitas vezes já é tida como plano. Dessa forma são elaborados inúmeros planos” (PFEIFFER, 2010, p.9).

O PEM pode ser formatado com vistas a atender às distintas dinâmicas inseridas nos serviços de saneamento básico.

Com relação aos serviços ligados aos resíduos sólidos, o estudo realizado por Ai (2011) nos Estados Unidos demonstra que a geração de resíduos pode ser dissociada do crescimento da população urbana quando estratégias de gestão são planejadas e bem-sucedidas. O autor fundamenta seus estudos nas teorias de planejamento voltadas para o interesse público. Apresenta o processo interativo de planejamento racional, baseado nos estudos de Simon (1945) e Meyerson and Banfield (1955), no qual os

planejadores estabelecem o objetivo do plano, identificam os problemas atuais e possíveis alternativas para solucioná-los, determinam as variáveis para avaliar as opções encontradas e, finalmente, implementam as alternativas selecionadas que responderão aos objetivos propostos.

A perspectiva de planejamento urbano com o objetivo de atender aos interesses sociais remete aos territórios e à busca de participação da população, como garante a Lei 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, através da incorporação da participação direta da população na elaboração dos planos municipais de saneamento básico.

Gestão Municipal participativa

Wosniak e Rezende (2012) registram que a gestão é constituída de processos mentais e físicos para estabelecer o desejado e definir quais as formas para se atingir este cenário. Sob a ótica de Braga (1998), os procedimentos que contribuem para a melhoria da qualidade dos serviços públicos se encontram na gestão participativa. Ouvir, conhecer e discutir as dificuldades, as razões, as diversas maneiras de se tratar um problema e introduzir sugestões colhidas, aprimora os serviços oferecidos à população. A ordem é levantar, divulgar, estruturar e garantir que a decisão tomada seja efetivada. Um instrumento de gestão governamental é o planejamento urbano, seja local ou regional.

Wosniak e Rezende (2012) destacam a influência que o município pode ter na vida dos cidadãos. Afirmam que a gestão pública requer debate, maior democratização de centros decisórios, flexibilidade nas suas estruturas, nos seus métodos e nos seus processos. Dessa forma, gerir as cidades demanda mudança e criatividade na prática administrativa, com a finalidade de melhorar seu desempenho. Diversas administrações públicas ao redor do mundo convergem para as mesmas preocupações de gestão (Leite e Rezende, 2010). Os autores recomendam que o gestor público municipal disponha de informações gerenciais e estratégias adequadas para viabilizar o acesso e a melhor prestação dos serviços.

Como alternativa na busca para a transposição desses desafios, surgiram, na administração pública, a aplicação de modelos de gestão da iniciativa privada e, também, a utilização de novas tecnologias na transformação e na modernização da gestão pública, inclusive municipal (LEITE e REZENDE, 2010, p.461).

No saneamento básico, a Lei nº. 11.445/07 revela novas questões que requerem estudos e pesquisas específicos. É imperioso fazer cumprir a Lei, cuja discussão tem enfatizado a importância do planejamento, incluindo medidas que fortaleçam os governos locais, por meio de consórcios intermunicipais, além do controle social, o que irá exigir mecanismos de gestão que garantam o poder das autoridades locais e comunidades em um esforço de diálogo e cooperação (MARCHI, 2015).

O papel da sociedade é fundamental. Mas, a sociedade brasileira ainda não se encontra preparada para os debates relacionados aos serviços de saneamento básico. Pesquisa de opinião realizada pelo Instituto Trata Brasil / IBOPE (2012), que teve como objetivo verificar o nível de conhecimento do brasileiro sobre os serviços de saneamento básico, demonstrou que quando se trata de mobilização para cobrar melhorias dos serviços, o cidadão brasileiro, apesar de reconhecer a importância do saneamento básico, não se mobiliza para conquistar avanços nesses serviços. Ao serem perguntadas sobre o tema, 75% das pessoas afirmaram não fazerem cobranças, e a maior parte daqueles que cobram refere-se à solicitação de limpeza de bueiros (7%) e de desentupimento do esgoto existente (5%).

Esta pesquisa também perguntou ao cidadão o que ele poderia fazer para ajudar a melhorar o saneamento. 25% afirmou não saber ou não respondeu; 18% opinou que os problemas encontrados deveriam ser informados à Prefeitura; 15% achou que os serviços deveriam ser fiscalizados; 10% atribuiu a garantia de conquistas à mobilização dos moradores.

O processo de fortalecimento dos sujeitos nos espaços urbanos pode estar vinculado à predisposição dos governos locais em compartilhar suas decisões, estudos, planos, estimativas e modelos que possam melhorar a gestão municipal.

Há, portanto, a necessidade de considerar o processo de planejamento urbano sob uma outra lógica: uma noção ligada majoritariamente a simulações, modelos, estimativas, mapas, dados numéricos e estudos substantivos em geral. Deve-se também incorporar os

aspectos processuais como igualmente importantes e, neles, considerar as limitações cognitivas e seus impactos nos processos decisórios (SABOYA, 2013, p. 93).

PRINCIPIOS LIGADOS À INCLUSÃO SOCIAL NA LEI 11.445/2007 E OS INSTRUMENTOS VOLTADOS PARA O PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO

No Brasil, no dia 5 de janeiro de 2007, um importante marco regulatório para a área do saneamento foi sancionado: a Lei nº 11.445/2007. As Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e para a Política Federal de Saneamento Básico adotam valores ligados ao progresso equitativo e sustentável preconizados pelo Relatório PNUD 2014, na medida em que enfatizam a necessidade da universalização do acesso aos serviços (Princípio I), articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante (Brasil, 2007).

Dentro do arcabouço da Lei 11.445/2007, o Artigo 52 estabelece a elaboração do instrumento de implementação da Política Federal de Saneamento Básico: o Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB, no qual se insere uma lógica de planejamento que enfatiza uma visão estratégica de futuro. O PLANSAB procura deslocar o tradicional foco dos planejamentos clássicos em saneamento básico, pautados na hegemonia de investimentos em obras físicas, para um melhor balanceamento das obras de infraestrutura com medidas estruturantes, a partir do pressuposto de que o fortalecimento das ações em medidas estruturantes assegurará crescente eficiência, efetividade e sustentação aos investimentos em medidas estruturais (Brasil, 2011b, p.8).

Com o propósito de se desenhar um planejamento com foco em medidas estruturantes, em setembro de 2008, o Ministério das Cidades, por meio da Portaria nº 462, instituiu o Grupo de Trabalho Interministerial, que iniciou os trabalhos relativos ao cumprimento dos ordenamentos legais da área de saneamento básico.

Um dos princípios que regem o PLANSAB, previsto na própria legislação, é o da democratização da gestão dos serviços. A gestão desses serviços não está somente relacionada à dimensão técnico-administrativa, mas também à participação e controle populares. Para uma maior efetividade e impacto positivo à eficácia da Lei, foi criada a obrigatoriedade de formulação da política de saneamento nos municípios, visando ampliar e consolidar o planejamento integrado de instrumentos capazes de orientar políticas, programas e projetos nos diferentes níveis federativos.

No Capítulo IV da Lei 11.445/2007, que se refere ao Planejamento, a prestação de serviços públicos de saneamento básico em todo território nacional deverá observar programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos (BRASIL, 2007), além da elaboração de um Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB, nos termos previstos pela Lei, que é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União.

Dessa forma, cabe ao titular municipal dos serviços públicos de saneamento básico formular a política pública de saneamento básico, ação indelegável a outro ente, devendo para tanto elaborar o plano de saneamento básico (art. 9º, do Capítulo II).

O Conselho Nacional das Cidades – ConCidades coordena a formulação de estratégias para dar apoio aos planos municipais de saneamento básico de forma participativa. Esse Conselho aprovou a Resolução Recomendada nº. 32/2007, que estabelece uma campanha para elaboração dos planos dessa área. Determinou também, por meio da Resolução Recomendada nº. 33/2007, o prazo até dezembro de

2010 para os municípios formularem seus planos de saneamento básico, senão, a partir de 2011, não teriam acesso aos recursos financeiros da União para aplicar em serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de coleta, tratamento e destinação final de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Entretanto, o ConCidades constatou a dificuldade de muitos municípios brasileiros para prepararem

- 1- Diagnóstico integrado da situação local dos quatro componentes do saneamento, com dados atualizados, projeções e análise do impacto nas condições de vida da população;
- 2- Definição de Objetivos e Metas municipais ou regionais de curto, médio e longo prazo para a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico no território, com integralidade, qualidade e prestados de forma adequada à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à redução das desigualdades sociais;
- 3- Estabelecimento de mecanismos de gestão apropriados, bem como, programas, projetos e ações, para o cumprimento dos objetivos e metas, e para assegurar a sustentabilidade da prestação dos serviços;
- 4- Ações para emergências e desastres;
- 5- Estabelecimento, no âmbito da Política, das instâncias de participação e controle social sobre a política e ações e programas de saneamento básico;
- 6- Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática das ações programadas e revisão do plano.

A elaboração dos PMSB, mesmo com o conteúdo mínimo, assegura ao município estar apto para ter acesso aos recursos da União destinados a empreendimentos e serviços relacionados ao saneamento básico, como aqueles oriundos do Ministério do Meio Ambiente, do Ministério das Cidades, da Fundação Nacional de Saúde - Funasa, da Caixa Econômica Federal, do Banco do Brasil, do Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES, dentre outros.

Em 21 de junho de 2010, o Decreto nº. 7.217, estendeu para 2014 a apresentação dos planos de saneamento básico elaborados como condição para acesso a recursos federais. A justificativa utilizada pelos municípios para a dificuldade na elaboração dos planos municipais de saneamento básico é que eles não possuem técnicos capacitados para a elaboração de trabalhos dessa natureza, ou verbas para a contratação de profissionais para tal fim (AESBE, 2010).

Nesse contexto, as dificuldades se refletem no número de municípios brasileiros que não possuem plano municipal de saneamento básico. Esse alto número é confirmado pelo estudo elaborado pelo Instituto Trata Brasil, intitulado Diagnóstico da situação dos Planos

eficientemente os seus planos e por meio da Resolução Recomendada nº. 75/2009 estabeleceu os conteúdos mínimos para elaboração dos PMSB, detalhando aqueles contidos no art. 19 da Lei n.º 11.445/2007. O conteúdo mínimo nos planos municipais de saneamento básico deve compreender alguns documentos, informações e definições essenciais como:

Municipais de Saneamento Básico e da Regulação dos Serviços nas 100 maiores cidades brasileiras, 2013. Segundo esse Diagnóstico, o dado mais preocupante sobre a ausência de disposição e de equipe técnica para os municípios não realizarem seu planejamento é a não entrega dos planos, ou seja, 34% das maiores cidades brasileiras não elaboraram o PMSB, apesar de terem recursos financeiros, corpo técnico, estruturas políticas e conhecimento da Lei (TRATA BRASIL, 2013).

Mesmo assim, ao longo dos últimos anos, medidas foram implementadas no sentido de estimular os municípios brasileiros a elaborarem o seu planejamento na área do saneamento, sendo uma delas a Medida Provisória nº 561, de 8 de março de 2012, que estende o prazo final para elaboração dos PMSB de 2014 para até dezembro de 2016.

Com o propósito de estimular o planejamento e a gestão participativa dos serviços de saneamento básico, diferentes instrumentos vêm sendo utilizados, com diferentes graus de adesão, a depender da compreensão dos atores envolvidos e das respostas às demandas. Dessa forma, partindo da necessidade de estudos substantivos sobre o saneamento básico e da

complexidade na tomada de decisões para a adoção de novas práticas de gestão municipal e de inclusão social, propõe-se fluxogramas que demonstrem a elaboração das etapas de planos municipais de saneamento básico. Os estudos voltados para o planejamento e a gestão municipais nos processos decisórios permitem a transposição destes conceitos para dar suporte aos

fluxogramas propostos que, alinhavados ao arcabouço legal do setor, podem proporcionar conhecimentos adicionais e informações para gestores, principalmente aqueles localizados em pequenos e médios municípios brasileiros e que não possuem recursos para dirimir os problemas existentes para universalizar os serviços públicos de saneamento básico.

PROPOSIÇÃO DE FLUXOGRAMAS PARA ORIENTAÇÃO NA ELABORAÇÃO DO PMSB

No que se refere à responsabilidade de elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico, o Capítulo II – do Exercício da Titularidade, a Lei nº. 11.445/2007 institui que os titulares dos serviços públicos de saneamento básico poderão delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços. Entretanto, somente cabe a eles formular a respectiva política pública de saneamento básico, devendo para tanto elaborar os PMSB.

A Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, vinculada ao Ministério das Cidades, recomenda que a elaboração de um PMSB se dê em sete fases (BRASIL, 2010). No intuito de se ter uma melhor análise, optou-se neste trabalho por inserir as fases propostas em três Etapas. A primeira é a do Planejamento, a segunda a da Elaboração e a terceira a da Aprovação, com ampla participação social.

Para iniciar o Planejamento dos PMSB, torna-se necessária a constituição de dois comitês: o de Coordenação e o de Execução. O primeiro é formado por representantes das organizações do Poder Público Municipal relacionadas com o saneamento, do Poder Legislativo, do Ministério Público e representantes de

entidades profissionais e da sociedade civil. Esse comitê tem como função dirigir e acompanhar o processo e a produção do Plano de Mobilização Social.

A participação da sociedade na elaboração do plano é assegurada no parágrafo 5º, inciso V, do art. 19, do Capítulo IV e no art. 51, do Capítulo IX da Lei nº 11.445/2007. Essa Lei também prevê o acesso de todos aos estudos e às informações, mediante realizações de consultas e audiências públicas. Essas proposições também estão inseridas nas diretrizes estabelecidas pelo Relatório PNUD 2014.

O comitê de Execução é responsável pela solicitação de diagnósticos, de Termos de Referência e do Projeto Básico. Esses documentos são fundamentais para o início da etapa de Elaboração do PMSB. Faz-se necessário que o Comitê de Execução seja multidisciplinar e composto por técnicos dos órgãos e entidades municipais da área de saneamento básico e afins, por profissionais tecnicamente habilitados, como professores, pesquisadores e consultores, e por representantes dos conselhos, dos prestadores de serviços e dos líderes comunitários (Figura 1.0

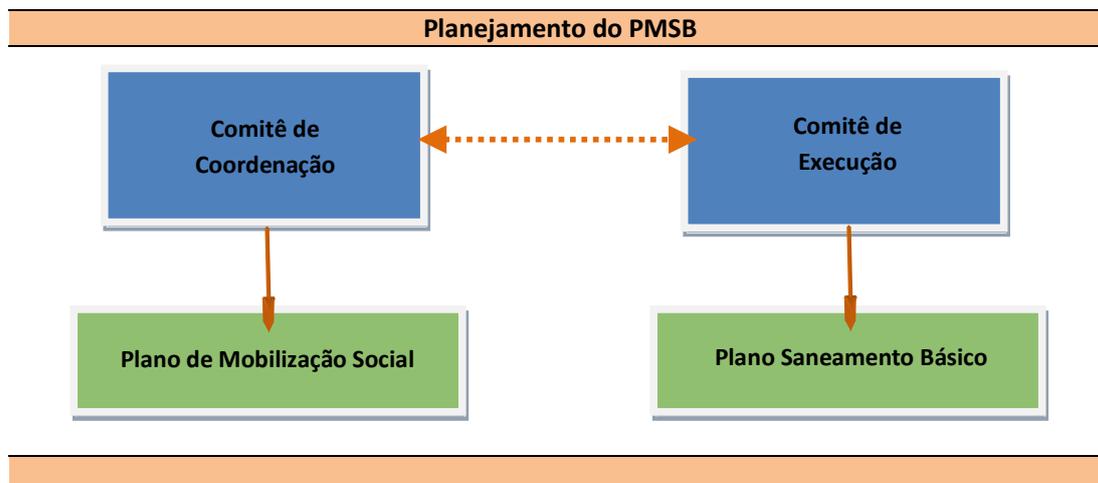


Figura 1.0. – 1ª Etapa do Processo de Elaboração do PMSB

A Etapa de Elaboração, que objetiva a preparação de estudos de base orientados pelo artigo 19 da Lei nº 11.445/2007, abrange as seguintes fases propostas pelo Ministério das Cidades: I – diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e identificando as causas das deficiências detectadas; II – elaboração dos prognósticos e das alternativas para a universalização dos serviços de saneamento básico, objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, sendo admitidas soluções graduais e progressivas, observando-se a compatibilidade com os demais

planos setoriais; III – elaboração de programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento; IV – definição de diretrizes para a definição do Sistema de Informações Municipais de Saneamento Básico, de forma compatível com o SINISA; e V – definição de mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas (Figura 2.0.).

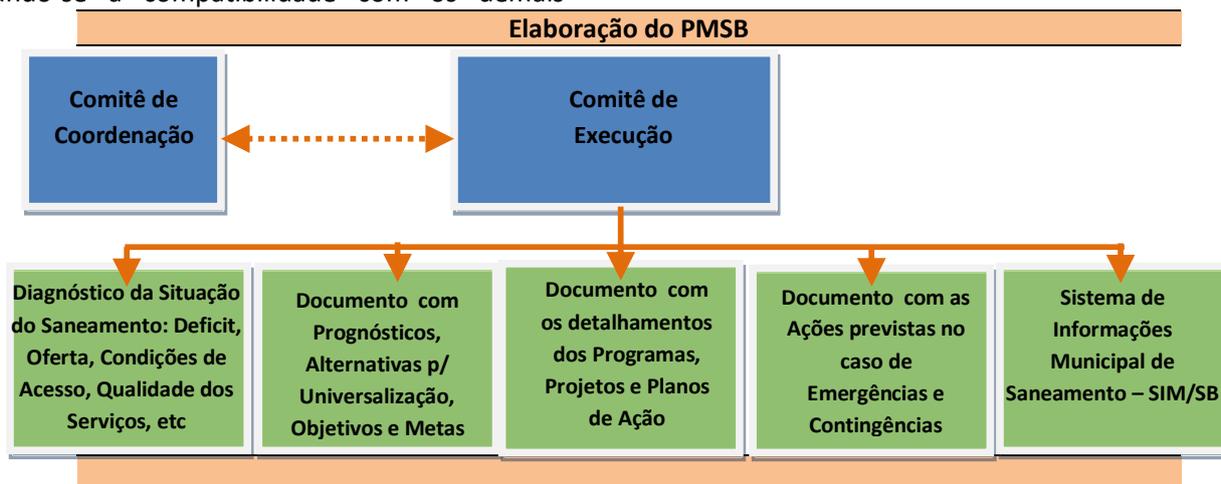


Figura 2.0. – 2ª Etapa do Processo de Elaboração do PMSB

A última Etapa é a da Aprovação e requer que o Relatório Final do PMSB tenha sido amplamente divulgado e discutido por meio de consulta pública, reuniões comunitárias, conferências, conselhos, entre outros. Esse processo apoia-se em alguns instrumentos de comunicação social, como TV, rádio, jornal, Internet, cartilhas e panfletos. Finalmente, a

proposta do PMSB deve ser submetida a Audiência Pública, ter a sua aprovação pela Câmara de Vereadores e a sanção da Lei do PMSB pelo Prefeito Municipal (Figura 3.0)

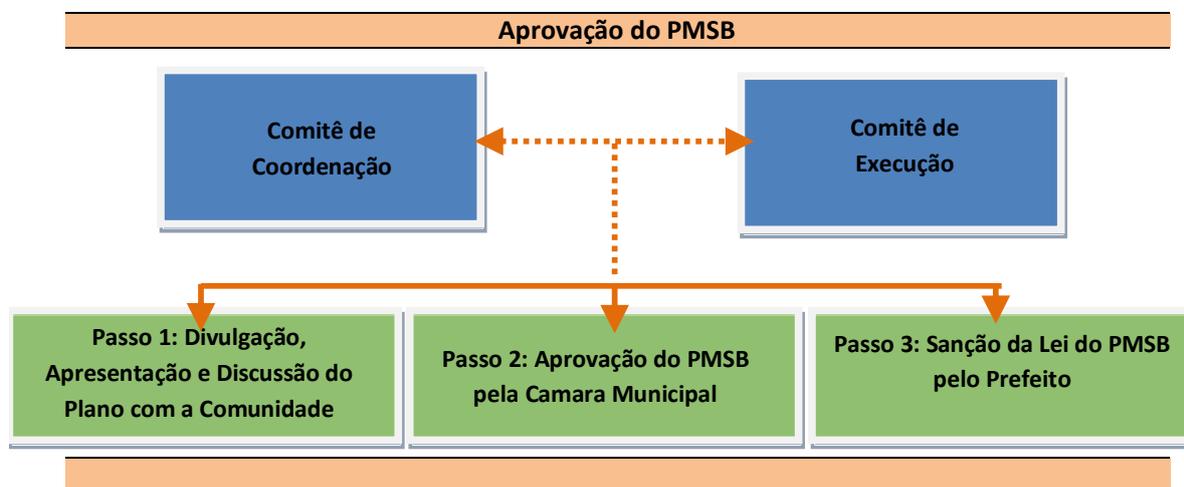


Figura 3.0. – 3ª Etapa do Processo de Elaboração do PMSB

A elaboração do PMSB demanda capacidade técnica, conhecimentos sobre planos plurianuais e outros instrumentos de governo, além de articulação política para aprovação e divulgação. Observa-se ainda que, desde a fase de Planejamento, a legislação prevê a participação da sociedade e do Ministério Público, já que o acesso aos serviços de saneamento básico deve ser tratado como um direito do cidadão, como questões essencialmente de saúde pública e de preservação ambiental.

Após a elaboração dos planos, o controle social destaca-se como sendo de grande importância, pois é a garantia de que as ações já implementadas não sofram descontinuidade e que outras possam ser

implementadas, permitindo a democratização e a participação no processo de formulação e de controle das políticas.

O Capítulo VIII da Lei 11.445/2007 trata da Participação de Órgãos Colegiados no Controle Social e afirma que as diversas esferas de governo, o setor privado e as organizações não governamentais podem promover ações e programas de urbanização, de habitação, de saneamento básico e ambiental, transporte urbano, trânsito e desenvolvimento. Elas proporcionam um caminho para o enfrentamento desse grande desafio, que é a justa distribuição dos serviços de saneamento a toda população das cidades brasileiras, desafio também levantado pelo Relatório do PNUD de 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao iniciar este estudo, afirmou-se que as diretrizes de órgãos internacionais, como o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento PNUD, por meio do Relatório de 2014 não podem ser ignoradas. No processo de planejamento sistemático formativo no Brasil, ligado aos serviços públicos de saneamento básico e buscando gradativamente alcançar o progresso equitativo e sustentável, muito há que ser feito para que esses serviços estejam inseridos nos critérios de bem-estar e equidade social e de redução de riscos ambientais, havendo constantes adiamentos da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico.

Observa-se que o Brasil apresenta um marco regulatório favorável ao desenvolvimento de uma Política de Saneamento Básico capaz de modificar as condições de vida da população. Contudo, a operacionalização dessa Política, mediante a elaboração e implantação dos serviços propostos pelo PMSB constitui-se em um desafio, pois os municípios apresentam baixa capacidade técnica para o desenvolvimento das ações e existe pouca articulação entre as políticas públicas, além da fraca participação da população nas ações de governo.

O PMSB é um instrumento estratégico para os municípios no planejamento e na gestão participativa que visa atender ao preconizado na Lei nº. 11.445/2007 e melhorar as condições de vida e saúde da população de forma igualitária. Como mecanismo para aumentar a participação, a legislação que regula o PMSB prevê ampla divulgação das propostas do Plano por meio de Consulta e Audiência Pública, assim como a revisão, em prazo não superior a quatro anos, dos PMSB já elaborados e aprovados.

Essa revisão sistemática e periódica do PMSB proporcionará às esferas política, social e ambiental dos municípios uma crescente incorporação dos valores intrínsecos, inerentes aos serviços de saneamento, ajustando as necessidades da população aos serviços prestados, construindo coalizões democráticas a fim de erigir as novas formas de cuidado quanto à igualdade no seu fornecimento.

Reconhecendo que a maior parte dos recursos humanos dos municípios não está tecnicamente preparada para elaborar os PMSB, sugere-se que os processos contidos nos fluxogramas apresentados neste trabalho sejam replicados nos municípios brasileiros, principalmente se conseguirem apoio técnico ou financeiro prestado por outras entidades da Federação, pelo prestador dos serviços ou por instituições universitárias ou de pesquisa científica, garantindo a participação das comunidades, movimentos e entidades da sociedade civil.

Considera-se que as articulações entre o Estado e as comunidades impactadas por esses serviços públicos podem possibilitar um crescente fortalecimento e melhorias institucionais. Como desdobramentos da implementação dessa nova política para a sociedade, observa-se que a integração entre a população, o município e suas ações na área de saneamento básico constitui-se em uma importante via de acesso para a elaboração e implementação de planejamento sistemático, formativo de políticas e normas sociais conforme preconizado pela UNEP.

REFERÊNCIAS

- AI, Ning. Challenges of Sustainable Urban Planning: **The Case of Municipal Solid Waste Management**. 2011. 167f. PHD (Dissertation at the School of City and Regional Planning). Georgia Institute of Technology, Georgia, United States. Disponível em https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/44926/ai_ning_201108_phd.pdf?sequence=1 Acesso em 16/08/2014.
- ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE SANEAMENTO BÁSICO ESTADUAIS (AESB). **Planos de Saneamento ainda são obstáculos à implementação da Lei 11.445/07**. *Revista SANEAR*, Brasília, AESBE, n.10, p.00-00, ago. 2010.
- BRAGA, DG. **Conflitos, eficiência e democracia na gestão pública** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1998. 193 p. ISBN 978-85-85676-53-1. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>. Acesso em 06/08/2014.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL. Governo federal. *Lei nº. 11.445 – 05 jan (2007)*. Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2007-2010/2007/Lei/leis2007.htm >. Acesso em: 06 mar. 2011.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Diretrizes para a Definição da Política e Elaboração de Planos Municipais e Regionais de Saneamento Básico**. Versão 27/01/2010. Disponível em: http://www.urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/Diretrizes_para_elaboracao_do_planos_regionais_e_municipais_de_saneamento_basico.pdf> Acesso em: 21 abr. 2015.
- Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p. : il.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – Mais Saúde com Qualidade de Vida** (Proposta de Plano). Brasília: SNSA, 2011b.
- FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. A. C. **Formulação de estratégias de desenvolvimento baseado no conhecimento local**. RAE-eletrônica, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 1-24, jul./dez. 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/raeel/v5n2/v5n2a02.pdf> >. Acesso em: 27 abr. 2015.
- GALVAO JUNIOR, Alceu Castro. **Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil**. Rev Panam Salud Publica, Washington, v. 25, n. 6, June 2009. Available from <http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892009000600012&lng=en&nrm=iso>. access on 30 Apr. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1020-49892009000600012>.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Diagnóstico da situação dos Planos Municipais de Saneamento Básico e da Regulação dos Serviços nas 100 maiores cidades brasileiras**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/diagnostico-da-situacao-dos-planos-municipais-de-saneamento-basico-e-da-regulacao-dos-servicos-nas-100-maiores-cidades-brasileiras-3> Acesso em 01 mai 2015.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Cresce nível de conhecimento do brasileiro sobre saneamento básico**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/cresce-nivel-de-conhecimento-do-brasileiro-sobre-saneamento-basico-segundo-pesquisa-blog-almojarifado-empoeirado-online>. Acesso em 02 mai 2015.

LEITE, L. O. REZENDE, D. A. **Modelo de Gestão Municipal Baseado na Utilização Estratégica de Recursos da Tecnologia da Informação para a Gestão Governamental**: Formatação do Modelo e Avaliação em um Município. **Revista de Administração Pública (RAP)**, Rio de Janeiro 44(2):459-93, Mar./Abr. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rap/v44n2/12.pdf> Acesso em 08/08/2014

MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez. **New perspectives on sanitation management: proposing a model for municipal solid waste landfill**. *urbe*, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 91-105, Apr. 2015. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692015000100091&lng=en&nrm=iso>. access on 01 May 2015. Epub Apr 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.007.001.AO06>.

PFEIFFER, P. Planejamento estratégico municipal no Brasil: uma nova abordagem. Brasília: Enap, 2000.

SABOYA, Renato T. de. **Fundamentos conceituais para uma teoria do planejamento urbano baseada em decisões**. *Urbe*, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba, v. 5, n. 2, Dec. 2013. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692013000200008&lng=en&nrm=iso>. Access on 11 Aug. 2014. <http://dx.doi.org/10.7213/urbe.05.002.AC01>.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Informe sobre Desarrollo Humano 2014: Sostener el Progreso Humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia**. 2014. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-summary-es.pdf>. Acesso em 28 abr. 2015.

WOSNIAK F.L. REZENDE, D. A. **Gestão de estratégias: uma proposta de modelo para os governos locais**. *Revista de Administração Pública (RAP)*, Rio de Janeiro 46(3):795-816, maio/jun. 2012. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/rap/v46n3/a09v46n3.pdf> Acess on 09/08/2014.

YASBEK, Maria Carmelita. **O programa fome zero no contexto das políticas sociais brasileiras**. *São Paulo Perspec.*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 104-112, June 2004. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392004000200011&lng=en&nrm=iso>. access on 01 May 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-88392004000200011>.