



**REVISTA DA** 

# **ENGENHARIA CIVIL**

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas -FaCET



# **Editorial**

A Revista Engenharia, Meio Ambiente e Inovação é a concretização de um anseio de uma equipe, que se iniciou nos primeiros resultados das pesquisas do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade do curso de Engenharia Civil. Os alunos e professores envolvidos vislumbraram a possibilidade de expor suas ideias de forma a conseguir compartilhá-las melhor com colegas e com o meio acadêmico em geral. Esta foi a semente que deu origem ao feito de agora se inicia.

A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre Engenharia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações com meio ambiente e soluções inovadoras, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas em seu escopo. A Revista visa se tornar um facilitador para os trabalhos científicos das áreas de Engenharia e afins servindo a todos que pretendam aumentar a produção científica com a chancela da UNIG sendo este o papel das Instituições de Ensino, apoiar e colocar à disposição de docentes, discentes e da sociedade as condições para a divulgação das pesquisas e dos trabalhos e ideias.

Que esta seja uma via de apresentação de trabalhos revolucionários e geradores de: progresso, fomento, desenvolvimento da ciência e direcionamento a sociedade.

Gisele Dornelles Pires Editora chefe

# ASSOCIAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DE NOVA IGUAÇU UNIVERSIDADE IGUAÇU –UNIG

# **DIRIGENTES- CAMPUS NOVA IGUAÇU**

Prof. André Nascimento Monteiro

Reitor

Prof. Marcelo Gomes da Rosa

Vice-Reitor

Jose Carlos de Mello

Pró-Reitor Administrativo

Prof.<sup>a</sup> Aline Figueira Lira

Coordenadora de Extensão e Assuntos Comunitários

Prof.<sup>a</sup> Adalgiza Mafra Moreno

Coordenadora de Pesquisa

Prof.<sup>a</sup> Tarcila Fonseca Hunguennin

Coordenadora de Pós-Graduação

Prof.<sup>a</sup> Barbara Helena da Silva de Barros (Interina)

Secretária Geral da UNIG

# Universidade Iguaçu

Av. Abílio Augusto Távora, 2134–CEP 26.260-000 Nova Iguaçu–RJ–Brasil–Tel.:26662001 www.unig.br

# **CORPO EDITORIAL**

# **Editora-Chefe**

Gisele Dornelles Pires (UNIG)

# **Editor Associado**

Fabricio Polifke da Silva (UNIG)

# Conselho Editorial

Alexandre Luis Belchior dos Santos (FAU/FISS)

Carlos Rogerio Domingos Araújo Silveira (UNIG)

Cinthia Martins Avellar (INEA)

Claudia Daza Andrade (UFRRJ)

Eber Lopes de Moraes (USP)

Ligia Maria Nascimento De Araújo (ANA)

Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva (UENF)

Paula Fernanda Chaves Soares (UFRRJ)

Priscila da Cunha Luz Barcellos (UFF)

Rafael Sampaio (UNIG)

Thábata Teixeira Brito (INCAPER)

# REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO / Universidade

Iguaçu, v.01, n.1 (Julho 2018). Nova Iguaçu - Rio de Janeiro

Semestral

# **FOCO E ESCOPO**

A REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE E INOVAÇÃO é o periódico oficial da Universidade Iguaçu (UNIG), uma publicação semestral gratuita. A Revista esforça-se para publicar estudos de alto padrão científico e que tenham o objetivo de divulgar as produções nas áreas da *Engenharia* com ênfase *Meio ambiente, Recursos Hídricos, Geociências, Meteorologia, Sensoriamento Remoto e Defesa Civil.* A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre tecnologia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações de trabalho e de educação, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas acima.

# Sumário

Geoprocessamento aplicado à gestão ambiental utilizando sistema	•
geográgica na cidade de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro	
Gisele Dornelles Pires, Fabricio Polifke da Silva, José Arnaldo dos	•
Rafael João Sampaio	7
Eventos extremos de precipitação na cidade de Nova Iguaçu: Iden por radar	-
Wellerson Pinto da Costa, Gleison Rodrigues da Silva, Fabricio Poli	fke da Silva,
Gisele Dornelles Pires, Rafael João Sampaio	21
Resposta da cultura do milho sobre efeito de inoculação em difere nitrogênio	- C
Fernando Zuchello, Leandro dos Santos Barbosa, Cleiton Frigo, Par	ula Fernanda
Chaves Soares	28
Influência da resolução espacial na análise morfométrica da bacia em Petrópolis - RJ	-
Rafael João Sampaio, Fabrício Polifke da Silva, Vinícius dos Santo	
Dornelles Pires	36
Downscaling do índice de vegetação normalizado produto do MO resolução espacial do Landsat 8 (30 m)	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Rafael João Sampaio, Gisele Dornelles Pires, Fabrício Polifke da Si	lva44
Utilização de resíduos como meio de isolamento térmico para dim envelhecimento do CBUQ	•
Carlos Eduardo Moreira Guarido, Marcos André J. da S. Vieira, Ias Godinho	

# Geoprocessamento aplicado à gestão ambiental utilizando sistema de informação geográfica na cidade de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro

Gisele Dornelles Pires<sup>1</sup>; Fabricio Polifke da Silva<sup>1</sup>; José Arnaldo dos Anjos Oliveira<sup>2</sup>; Rafael João Sampaio<sup>1</sup>

¹Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu
 - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ
 ² Prefeitura Municipal da Cidade de Nova Iguaçu, Coordenação de Gestão de Unidades de Conservação e
 Biodiversidade, Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Agricultura e Turismo – SEMADETUR, Avenida Governador Portela 812 Centro Nova Iguaçu, RJ
 unigengenharia@gmail.com; briciopolifke@gmail.com; joséarnaldo@gmail.com; samprafael@gmail.com

Resumo - A necessidade da gestão do espaço geográfico e suas variantes incidentes, toma proporções em diferentes escalas geográficas, seja ao que tange à ocupação urbana e rural, ao consumo humano, a ampliação da produção agrícola, industrial e monitoramento ambiental de qualquer território na gestão de cidades. A questão ambiental deve ser tratada pelos gestores municipal como prioritária, visto que através um planejamento bem orientado surge políticas públicas mais substanciais e aplicáveis que beneficiem a sociedade. O presente artigo apresenta a utilização de um sistema de informações geográfica em software livre para análise territorial na gestão ambiental em cidades demonstrando como o planejamento urbano e ambiental apoiado por um SIG pode ser caracterizado por uma visão multidisciplinar e orientada a integração de dados. Esse trabalho tem como foco apresentar a realização de análises Geoambiental utilizando um sistema de informação geográfica através de um estudo de caso na cidade de Nova Iguaçu. Através das análises apresentou-se que a utilização de um sistema de informações geográficas demostrou ser uma excelente ferramenta como fator determinante para assegurar a formulação de políticas públicas para o cumprimento do ordenamento e o desenvolvimento sustentável das regiões. Foi possível também verificar a sua capacidade única de integrar informação de diversas naturezas e cruzá-las com os instrumentos de gestão territorial legais, assegurando a visibilidade espacial para os técnicos e cidadãos permitindo assim um melhor direcionamento de políticas públicas, maior controle social e transparência para a sociedade, demostrando que a gestão do território é estruturante e quando bem realizada é fundamental para qualidade de vida e para a sociedade.

Palavras-chave: gestão ambiental, geoprocessamento, SIG

Abstract - The need to manage the geographical space and its incidental variants takes on different geographic scales, whether it concerns urban and rural occupation, human consumption, expansion of agricultural production, industrial and environmental monitoring of any territory in the management of cities . The environmental issue must be treated by municipal managers as a priority, since through a well-oriented planning there are more substantial and applicable public policies that benefit society. This work presents the use of a free software geographic information system for a territorial analysis in environmental management in cities demonstrating how urban and environmental planning supported by a GIS can be characterized by a multidisciplinary and data integration oriented approach. This work focuses on geoenvironmental analysis using a geographic information system through a case study for the city of Nova Iguaçu. The analysis showed that the use of a geographic information system proved to be an excellent tool as a determinant factor to ensure the formulation of public policies for the fulfillment of the planning and the sustainable development of the regions. It was also possible to verify its unique capacity to integrate information of various natures and to cross them with the legal territorial management instruments, ensuring the spatial visibility for technicians and citizens, thus allowing a better targeting of public policies, greater social control and transparency for the society, demonstrating that the management of the territory is structuring and when well done is fundamental for quality of life and for society.

**Keywords**: environmental management, geoprocessing, GIS

## 1 Introdução

A percepção do espaço geográfico, somado ao reconhecimento dos principais agentes causadores de mudanças estruturais na cidade, pode favorecer e orientar os tomadores de decisão sobre os planos de desenvolvimento e investimentos a serem aplicados nas políticas públicas regionais. A aplicação do uso de um sistema de informação geográfica (SIG) na gestão ambiental em ambientes antrópicos como, por exemplo, cidades auxilia, como ferramenta para elaboração de projetos voltados a ocupações humanas, planejamento e gerenciamento urbano, redes de infraestrutura, pois pode proporcionar, além do armazenamento de imagens e informações, o cruzamento destes, permitindo assim uma visão mais ampla e precisa do local em estudo, o entendimento da complexidade da dinâmica urbana e subsidiando análises visando o processo de tomada de decisões com vistas ao desenvolvimento sustentável, pois municiam os gestores com informações que em outros meios não seriam sequer visíveis para avaliação. Ao facilitar a visualização em diversos níveis às bases de dados geradas e permitir a criação de cenários retratados em mapas temáticos, as tecnologias de geoprocessamento e SIG proporcionam uma melhor compreensão do espaço das cidades e permitem a identificação de padrões e tendências, perfis sócio demográficos, eixos de expansão e variantes de degradação. A identificação da tendência, interna e externa da cidade, permite orientar os processos de ordenamento territorial e gestão municipal que deverá ser sempre um processo integrado conducente a uma solução global satisfatória, nunca esquecendo as grandes finalidades de melhoria de vida da sociedade e preservação do meio ambiente.

#### 1.1 Gestão ambiental

O maior desafio na gestão do território é propor e implantar políticas públicas capazes de garantir o desenvolvimento e ações integradas na gestão e realizar a integração dos dados visando orientar a gestão ambiental. A gestão ambiental é uma ferramenta utilizada pelos dirigentes de organizações para atuarem na área de meio ambiente de forma que se integrem as normas e sistematizem suas operações de acordo com as exigências do mercado e necessidades da sociedade.

## 1.1.1 Gestão Territorial

Fritjof Capra (1982; 1996) apud Nogueira (2015), físico e filósofo, também é adepto da concepção das cidades através de uma visão ecológica. Ele considera que todas as ações do ser humano, se revertem diretamente à ele, quando coloca "Tudo o que acontece com a Terra, acontece com os filhos e filhas da Terra. O homem não tece a teia da vida; ele é apenas um fio. Tudo o que faz à teia, ele faz a si mesmo." (Capra 1980). Segundo Araújo et al. (2006) a integração entre as questões sociais, ambientais e econômicas, constitui o tripé conhecido como triple-bottom line. No tripé estão contidos os aspectos que devem interagir entre si para satisfazer o conceito de sustentabilidade, conforme figura a seguir:



**Figura 1** - Desenho esquemático representando a integração de três dimensões do triple ottom line, pilares inerente ao desenvolvimento sustentavel. Fonte: Nogueira 2015

Sendo o desenvolvimento sustentável considerado como "aquele que atende às necessidades humanas do presente sem limitar o potencial para atendimento das necessidades das gerações futuras" (CMMAD 1988), fazse necessária uma ampliação da consciência humana, no que diz respeito aos diversos aspectos inerentes à vida, através da implementação de um desenvolvimento que possa promover os princípios básicos de equidade social e desenvolvimento econômico, levando em consideração sobretudo a questão ambiental. (Nogueira 2015).

Romero (2000 e 2001) defende que é essencial compreender a relação entre quatro elementos principais para a proposição de indicadores que determinem projetos de cidades sustentáveis, sendo eles:

- ✓ Enlace integração das esferas do econômico, social e cultural—relativo ao desenvolvimento econômico, a habitação acessível, a segurança, a proteção do meio ambiente e a mobilidade, no qual todos se inter-relacionam, devendo ser abordados de maneira integrada;
- ✓ **Inclusão** dos segmentos e interesses coletivos, por meio deste deve-se considerar uma variedade de interessados para identificar e alcançar valores e objetivos comuns;
- ✓ Previsão otimização de investimentos como fundamento para a elaboração de objetivos em longo prazo;
- ✓ **Qualidade** promoção da diversidade urbana-devem ser buscados e privilegiados elementos que contribuam para manter a diversidade, por meio desta, é assegurada a qualidade e não apenas a quantidade dos espaços, proporcionando a qualidade global da vida urbana.

Associado a esses critérios, deve-se instrumentalizar a análise do espaço urbano por meio de escalas que objetivem a percepção do todo, como também das particularidades (Romero 2000 e 2001). Demostrando assim a importância de uma ferramenta capaz de representar o espaço geográfico associando a suas correlações espaciais do território.

# 1.2 Sistema de informação geográfica como ferramenta à gestão ambiental

A ciência que estabelece os conceitos e permite que as relações espaciais sejam possíveis é a cartografia e as geotecnologias. Hoje bastante difundidas no mundo, são instrumentos para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. São compostas por computadores, aparelhos receptores, estações totais, aerotransportadores, softwares específicos para geoprocessamento, profissionais

especializados e uma base de dados consistente, que juntos tornam-se poderosas ferramentas de apoio ao Planejamento e Gestão (CMRJ 2017)

Neste contexto, o SIG engloba um ferramental de unificação de procedimentos, contextualização de fenômenos e análises de dados que objetiva a visualização, espacialização e geração de informações nas quais o usuário baseia suas decisões. Buscando a simplificação desse sistema, a visão científica da interoperabilidade, terminológica e operacional, demonstra a tendência tecnológica de utilização de um SIG, empregando as múltiplas características das informações e as excepcionalidades das ferramentas de geoprocessamento. Nas fases de desenvolvimento desse sistema, em consonância com a visão pré-estabelecida, os atributos são definidos com base em padrões e significações conceituais, em que a questão ambiental submete-se a hierarquia legal, princípios doutrinários e competências legislativas. Nesse contexto, a implantação de um SIG Ambiental num município pode gerar grande ganho em economicidade, eficiência, eficácia e efetividade na aplicação de políticas públicas voltadas ao estudo do meio ambiente (Rezende 2012).

#### 1.3 Instrumentos para Unidades de conservação UC

#### 1.3.1 SNUC

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação é o conjunto de unidades de conservação (UC) federais, estaduais e municipais. É composto por 12 categorias de UC, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: aquelas que precisam de maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo (MM2018). O SNUC tem por objetivo integrar, potencializar o planejamento, administração e gestão das UCs, assegurando que amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas estejam adequadamente representadas no território nacional e nas águas jurisdicionais. Para isso, o SNUC é gerido pelas três esferas de governo (federal, estadual e municipal).

# 1.3.2 Plano de Manejo

Todos gestores de acordo com suas esferas após a criação de uma UC devem realizar o plano de manejo em um prazo máximo de cinco anos, que deve ser elaborado em função dos objetivos gerais pelos quais ela foi criada. Deve ser um documento consistente e elaborado a partir de diversos estudos com equipes multidisciplinar, incluindo diagnósticos do meio físico, biológico e social. Deve segundo o Ministério do Meio Ambiente estabelecer as normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais da UC, seu entorno e, quando for o caso, os corredores ecológicos a ela associados, podendo também incluir a implantação de estruturas físicas dentro da UC, visando minimizar os impactos negativos sobre a UC, garantir a manutenção dos processos ecológicos e prevenir a simplificação dos sistemas naturais.

# 1.3.3 Lei Municipal de Uso do solo

A lei nº 4.567 de 23 de Dezembro de 2015 que aprovou a consolidação das leis de uso e ocupação do solo do município de nova Iguaçu lei nº 2.882/97 e lei nº 4.333/13 ratifica em sua seção II ar.t 4 incisos III onde apresenta a importância de legislações especificas para as áreas de unidade de conservação e outras regiões peculiares. Prevendo que:

- "As áreas especiais (AE) são as frações do território municipal que por suas peculiaridades e especificidades espaciais, sociais, urbanísticas, ambientais, paisagísticas, históricas ou culturais, demandem normas específicas e diferenciadas relativas às condições de parcelamento da terra e às modalidades e intensidade do uso e ocupação do solo, as quais serão definidas, a cada caso particular, tomando-se como base a análise prévia de projetos e planos diretores elaborados para as áreas que pretende-se classificar nesta categoria os quais serão a base da fundamentação legal para sua ocupação incluindo-se nestes casos os planos de manejo das apas quando for o caso, sendo a decisão de classificação:
- a) **AE-1:** são as áreas que por suas características paisagísticas e ambientais impõem regras próprias para assegurar a sua preservação e exploração sustentada conforme as diretrizes estabelecidas no plano diretor participativo, lei 4.092/11, correspondendo às:
  - I. A todas as áreas que apresentem características morfológicas e geográficas definidas como área de proteção permanente após, em conformidade com o artigo 4º da lei 12.651/12, novo código florestal;
  - II. A totalidade do território abrangido pela reserva biológica do Tinguá, decreto 97.780/89, incluindo a sua área de faixa amortecimento, incluída na macrozona de preservação ambiental integral, plano diretor participativo, lei 4.092/11;
  - III. A totalidade das áreas abrangidas pela área de proteção ambiental, apa gericinó-mendanha, decreto estadual 1.338/88 e 38.183/05, incluindo o parque natural municipal de nova Iguaçu, decreto municipal 6001/98 e incluída na macrozona de preservação ambiental integral, plano diretor participativo, lei 4.092/11;
  - IV. A todas as áreas abrangidas pela lei estadual nº 1.130 de 12/02/87;
  - V. A totalidade das terras abrangidas pelas unidades de conservação municipais, incluída na macrozona de uso sustentável, plano diretor participativo, lei 4.092/11; e da unidade de conservação estadual;
  - VI. A fração das propriedades, urbanas e rurais, tornadas reservas particular do patrimônio nacional, conforme lei 12.651/12, novo código florestal e decreto estadual 40.909/07;
  - VII. As áreas com potencial econômico para a exploração sustentável com a implantação de equipamentos de recreação e turismo rural e ecológico e propriedades destinadas à habitação transitória e veraneio;
  - VIII. A totalidade das terras localizadas acima da cota altimétrica de 100 (cem) metros, excetuando-se as áreas classificadas e delimitadas como at-2.

Estão classificadas no zoneamento do uso do solo as APAS estão classificadas como Áreas Especiais (AE) que são as frações do território municipal que por suas peculiaridades e especificidades espaciais, sociais, urbanísticas, ambientais, paisagísticas, históricas ou culturais, demandem normas específicas e diferenciadas relativas as condições de parcelamento da terra e às modalidades e intensidade do uso e ocupação do solo, as quais serão definidas, a cada caso particular, tomando-se como base a análise prévia de projetos e planos diretores elaborados para as áreas que pretende-se classificar nesta categoria os quais serão a base da fundamentação legal para sua ocupação incluindo-se nestes casos os Planos de Manejo das Apas quando for o caso.

# 1.3.4 Plano Diretor

A lei nº. 4.092, de 28 de junho de 2011 instituiu o Plano Diretor participativo e o sistema de gestão integrada e participativa da cidade de Nova Iguaçu, nos termos do artigo 182 da constituição federal, do capítulo III da lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 - estatuto da cidade e do art. 14, § 3º da lei orgânica da cidade de Nova Iguaçu. Nesta lei as áreas de proteção ambiental na cidade de Nova Iguaçu estão na macrozona de uso sustentável que em seu na Seção II no Artigo 58 que A Macrozona de Uso Sustentável tem a função básica de

conter o crescimento urbano por meio do uso sustentável de parcela dos recursos naturais existentes respeitando o meio ambiente, sendo nela permitido o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis como a agricultura, agropecuária, extração mineral, turismo e lazer e somente serão permitidos parcelamentos destinados a chácaras, desde que compatíveis com a proteção do patrimônio cultural, dos ecossistemas locais, aprovadas e licenciadas pelo órgão municipal de meio ambiente.

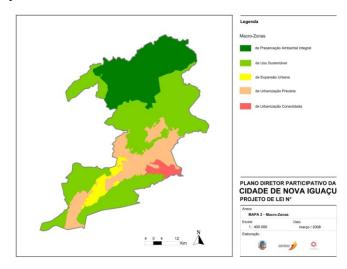


Figura 2 - Projeto da LEI Nº. 4.092/2011

## 2 Metodologia

Para os desenvolvimento do projeto definiu-se que seriam utilizadas as informações consolidada das e disponibilizadas pelo sistema de informação geográfica *Geobaixada* Figura 1 desenvolvido no laboratório de pesquisa Engenharia e Sociedade da Engenharia Civil na Faculdade de Ciência Exatas e Tecnológicas da Universidade Iguaçu utilizando-se o software Quantum Gis (QGIS) escolhido por este ser de uma plataforma livre para a manipulação de dados espaciais, um instrumento para auxílio na identificação, planejamento de ações afim de identificar correlações e uso. O desenvolvimento do SIG foi conduzido em quatro fases distintas: Fase de Inventário, Coleta de dados, Tratamento de Dados, Elaboração do Sistema de Informações, análise e diagnóstico descritas a seguir:

Fase de Inventário A fase de inventário constou no levantamento das informações públicas disponíveis sobre a área de estudo e sobre o tema em questão (artigos publicados, relatórios técnicos, bases cartográficas, bases digitais, ortofoto digital, imagens de satélite, bases digitais temáticas.

Coleta de Dados Para estas etapas foram desenvolvidas trabalhos de reconhecimento do município através de fotointerpretações (importantes no sentido de se reconhecer às formas de relevo, estabelecer os padrões de drenagem e para o entendimento da evolução temporal da ocupação do meio físico na cidade de Nova Iguaçu), Os trabalhos de interpretação de ortofoto consistiram na análise e síntese dos atributos do meio físico. Os principais documentos inventariados de diversas fontes e utilizados foram: Câmara Metropolitana de Integração Governamental, Base cartográfica do Município disponibilizada pela Câmara Metropolitana Rio de Janeiro, na escala 1:2.000 para Universidade de Iguaçu-UNIG.

Tratamento de Dados- Para esta etapa realizou-se a consolidação e produção de bases As bases digitais cartográficas da CMRJ obtidas em DWG foram convertidas através do software AutoCADMap para o DXF para posterior inserção das camadas no sistema Geobaixada. Basicamente, as informações de entrada foram categorizadas e dispostas em layers (camadas) ponteando ser representadas em formato de ponto, linhas ou polígonos associados aos seus atributos. Na segunda fase foram criados arquivos vetoriais, do tipo \*shp (shapefile), a partir da exportação de arquivos \*kml (Keyhole Markup Language) através do software google earth para este formato. Todos os arquivos foram transformados para o formato shapefile devido melhor representar os elementos gráficos no Qgis e os dados coletados em campo foram realizados utilizando GPS Gamin pela Secretaria de Meio Ambiente e posteriormente foram tratados e integrados ao sistema no laboratório, cada plano de informação foi tratado individualmente, o que tornou possível executar sobreposições uma vez incorporado ao sistema de forma que em todos as bases digitais estão integradas segundo os padrões de sistemas de referências internacionais.

Elaboração do sistema de informações Empregando as informações obtidas O material inventariado e produzido nas etapas anteriores foi trabalhado com a utilização dos programas Google Earth, *Quantum gis* e *AutoCADMap*. Na Concepção e Implementação do Sistema realizouse a verificação da estruturação do sistema de informação concerne na estruturação básica de sustentação, definido os atributos componentes, os critérios de análise empregados e as classificações necessárias para a geração dos produtos cartográficos georeferenciados e seus bancos de dados relacionais. Tal atividade transcorreu em duas fases distintas: uma primeira referente à arquitetura do sistema e uma segunda responsável pela geração dos produtos desse sistema, com o objetivo de Sistematizar, Integrar e disponibilizar informações sobre o território As escalas de trabalho adotada para o município será a cadastral de 1:2.000 e escala estratégica para algumas informações sendo a escala 25000.

Analise e Diagnóstico Incorporar o entendimento da dinâmica espacial e o uso de sistemas de informação como prática na tomada de decisão no âmbito da gestão do território. Os procedimentos utilizados propiciaram a reconstrução e representação da realidade, mostrando uma parte da sua complexidade espacial, com base na utilização das ferramentas disponíveis no SIG. As análises espaciais com o uso das Geotecnologias foram desenvolvidas no Laboratório de Estudos e Pesquisa e Observatório da Baixada do grupo Engenharia e Sociedade do curso Engenharia Civil da Universidade Iguaçu – LEPBF/UNIG através do software gratuito Quantum GIS versão 18.19.

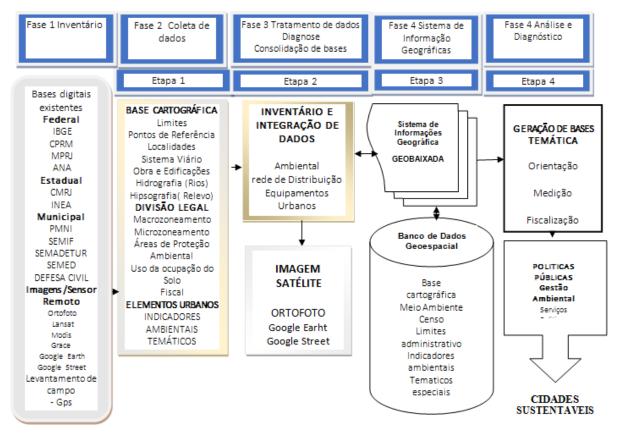


Figura 3 - Metodologia de Desenvolvimento do SIG. Fonte: Modificado de Pires 2003

## 3 Resultados

# 3.1 A cidade de Nova Iguaçu

A cidade de Nova Iguaçu localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro, possui uma população de 796.257 habitantes e uma área de 521,25 km², 189,38 km² de área urbana e expansão urbana.

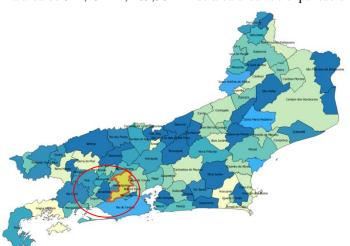


Figura 4 - Localização no Estado do Rio de Janeiro

# 3.2 Unidades de Conservação em Nova Iguaçu

O Município de Nova Iguaçu mantém aproximadamente 66,7% de área de conservação ambiental de seu território transformada em unidades de conservação (UC), divididas em Reserva Biológica, parque municipal

e áreas de proteção ambiental, tanto de uso sustentável, quanto com zonas de refúgio da vida silvestre. Tendo em seu território unidades Federais, Estaduais Tabelas 1 e Municipais Tabelas 2 sendo elas: *Federal*: Reserva Biológica de Tinguá REBIO de Tinguá Decreto nº 97.780. 23/05/1989. *Estadual*: Apa Alto Iguaçu Decreto nº 44.032, 15/01/2013, APA Gericinó-Mendanha Lei nº 1.331, 12/06/1988, Decreto nº 38.183, 05/09/2005, Parque Estatual do Mendanha Decreto nº 44.342, 22/08/2013 e Apa Rio Guandu Decreto nº 40.670, 22/03/2007. *Municipal*: Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu Decreto nº 6.001, 05/06/1998; APA Jaceruba Lei nº 3.592, 7/7/2004; APA Rio D'Ouro Lei nº 3.588, 07/07/2004; APA Tinguá Lei nº 3.587,07/07/2004; APA Guandu-Açu Decreto nº 6.413,20/11/2001; Apa Posse Guarita Lei nº 4.172,04/05/2012; APA Morro Agudo Lei nº 3.594, 07/07/2004; APA do Retiro Lei nº 3.593, 07/07/2004; Parque das Paineiras Decreto nº 6.552, 07/11/2002. RPPN Tinguá Portaria nº 176 - DOU 3 - 03/01/2003 seção/pg. 1/35 Portaria Retificação - DOU 216 - 10/11/2004 - seção/pg. 1/67; RPPN Sitio Paiquere Portaria nº 89 - DOU 151 - 07/08/2002 - seção/pg. 1/100.

Tabela 1 - Unidades de Conservação de esferas Federal e Estadual localizadas no Município de Nova Iguaçu (2017)

Esfera	Unidade	Área Total: (km² e/ou ha) /Área em Nova Iguaçu: (km² e/ou ha)	Área (km²/há)	Abrangência com outros municípios	
	Reserva	Área Total:	262,60 km <sup>2</sup> /26.260 ha	Nove Iguaca, Dugue de Cavies	
Federal	Biológica do Tinguá	Área em Nova Iguaçu:	139,66 km²/13.966 ha	Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Miguel Pereira e Petrópolis	
	APA Alto	Área Total	220 km²/22.000 ha	Nova Iguaçu, Belford Roxo e	
	Iguaçu	Área emNova Iguaçu	73,88 km²/7.388 ha	Duque de Caxias	
	APA Gericinó-	Área Total:	79,74 km²/7.974 ha	Nova Iguaçu, Nilópolis, Rio de	
	Mendanha	Área emNova Iguaçu	44,52 km <sup>2</sup> /4.452 ha	Janeiro e Mesquita	
Estadual		Área Total:	742,7 km²/74.272,00 ha	Eng. Paulo de Frontin, Itaguaí,	
=	APA Rio Guandu Área em Nova Iguaçu:	27,58 km²/2.758 ha	Japeri, Miguel Pereira, Paracambi, Piraí, Queimados, Rio Claro, Seropédica, Vassouras		
	Parque Estatual	Área Total	43,98 km²/4.398,00 ha	Rio de Janeiro, Nova Iguaçu e	
	do Mendanha	Área em Nova Iguaçu:	22,99 km²/2.299 ha	Mesquita.	

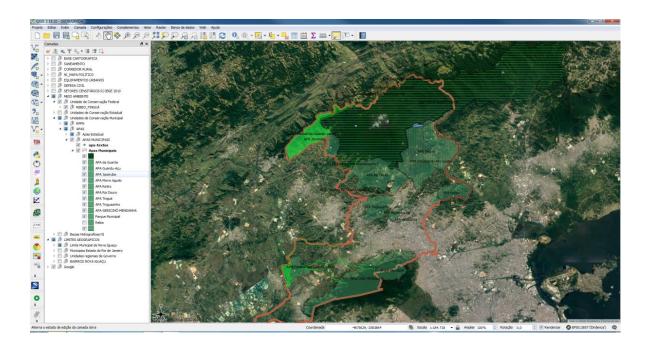
Tabela 2 - Unidades de Conservação de Esfera Municipal localizadas no Município de Nova Iguaçu

Esfera	Unidade	Área em Nova Iguaçu: (km² e/ou ha)	Área Total: (km² e/ou ha)	Abrangência com outros municípios
	Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu	7,55 km²/755 há	11,33 km²/1.133,00 ha	Nova Iguaçu e Mesquita
	Parque Natural Municipal das Paineiras	1,38 km²/138,08 ha	1,38 km²/138,08 ha	
	APA Jaceruba	23,53 km <sup>2</sup> /2.353,00 ha	23,53 km <sup>2</sup> /2.353,00 ha	
	APA Rio D'Ouro	30,8 km²/3.080,00 ha	30,8 km²/3.080,00 ha	
Municipal	APA Tinguá	54,00km²/5.400,00 ha	54,00km²/5.400,00 ha	
	APA Tinguazinho	11,02 km²/1.102,77 ha	11,02 km²/1.102,77 ha	Nova Iguaçu
	APA Posse-Guarita	0,29 km²/28,93 ha	0,29 km²/28,93 ha	
	APA Morro Agudo	2,71340 km²/271,340 ha	2,71340 km²/271,340 ha	
	APA Retiro	10,26 km²/1.026,86 ha	10,26 km²/1.026,86 ha	
	APA Guandu-Açu	8,70125 km²/870,13 ha	8,70125 km²/870,13 ha	
	RPPN CEC/Tinguá	0,165 km²/16,50 ha	0,165 km²/16,50 ha	
	RPPN Sítio Paiquerê	0,14 km²/14,10 ha	0,14 km²/14,10 ha	

## 3.3 Análises e correlações espaciais no Sistema Geobaixada

## 3.3.1 Distribuições espacial das unidades de conservação no território

A representação física da distribuição espacial das unidades de conservação representadas no sistema Geobaixada é apresentada na Figura 5, apresenta-se o recorte do plano de informação de correlação entre imagem satélite unidades de conservação nas três esferas Federal, Estadual e Municipal e limite municipal correspondendo a 35,3% do território e possuindo treze áreas de conservação ambiental municipal, uma unidade de conservação Federal e três unidades de conservação estaduais correspondendo no total a 66,7% do território municipal. Observa-se utilizando-se os layers no sistema do grupo Meio Ambiente (sendo neste plano o layers unidades de conservação existentes no território nas três esferas: Federal, Estadual e Municipal) é possível visualizar e representar no plano de informação, a distribuição espacial das áreas urbana, rurais e remanescentes florestais e sua a correlação espacial com medições das camadas consolidadas tendo como escala máxima de visualização a escala 1.2000.



**Figura 5** - Interface do SIG Geobaixada caracterizando com os layers Unidades de Conservação em Nova Iguaçu e Limite Municipal.

## 3.3.2 Instrumentos de zoneamento

No zoneamento aprovado pela lei nº 2.882/97 e lei nº 4.333/13 contém a consolidação das leis de uso e ocupação do solo do município de Nova Iguaçu representado na figura 4 no sistema Geobaixada pode-se observar que as unidades de conservação tem como classificação de uso as seguintes classificações AR-3 que consiste segundo a lei em área residencial de baixa densidade, onde se pretende ter a predominância construções unifamiliares e multifamiliares de pequeno porte, com até 4(quatro) pavimentos, grupadas e isoladas, admitindo-se a presença de algumas modalidades de comércio, serviços e institucional de pequeno porte complementares ao uso residencial. E AR - 4: área residencial de baixa densidade, onde se pretende ter a predominância construções unifamiliares, residências de veraneio, grupadas e isoladas, sítios de recreio, chácaras, pequenas pousadas,

pensão, hostel e equipamentos de turismo, recreação e lazer, atividades de criação de animais de pequeno porte e hortifrutigranjeiros dentre outras compatíveis com as características territoriais definidas na macrozona de uso sustentável, lei 4.092/11.

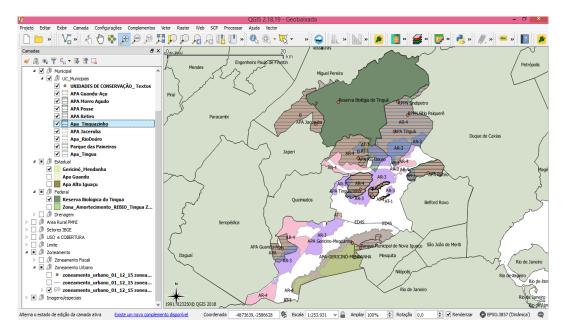
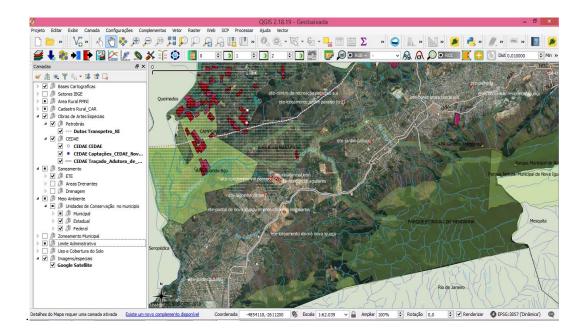
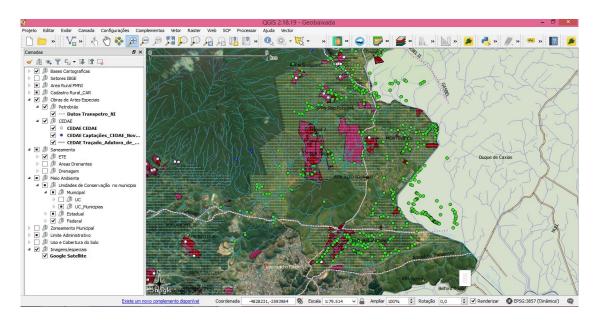


Figura 6 - Interface layers unidades de conservação Federal, Estadual e Municipal em Nova Iguaçu.

A Figura 7 apresentar o layers da Apa Alto Iguaçu, Parque estadual do Mendanha e Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu gerado no Qgis constando dos planos de informação Planos de Informação (PI) com a categoria zona rural, Propriedades do Cadastro Rural, Zona Rural municipal, Dutos Transpetro, Adutora e pontos de captação da Cedae, Estações de Tratamento de Esgoto no município, Hidrografia e Unidades de conservação.



**Figura 7** - Planos de Informação (PI) com as categorias unidades de conservação, zona rural, propriedades do Cadastro Rural, Zona Rural municipal, Dutos Transpetro, Adutora e pontos de captação Cedae e Estações de Tratamento de Esgoto.



**Figura 8** - Planos de Informação (PI) com as unidades de conservação, Propriedades do Cadastro Rural CAR, Zona Rural municipal, Propriedades turismo rural, Dutos Transpetro, Adutora e pontos de captação Cedae e Estações de Tratamento de Esgoto.

As análises do meio físico realizadas com a utilização no SIG Geobaixada tornaram-se mais eficientes devido à facilidade de sobreposição das informações cartográficas e temáticas de diversas fontes, como já foi apresentado anteriormente. As ferramentas disponibilizadas pelo software Quantum Gis permitiram sobrepor os diferentes layers e atributos inseridos em tabelas e nos documentos cartográficos (caracterização do meio físico, ocupação urbana) e, com isso, agilizaram a criação de mapas que auxiliaram na análise mais precisas a respeito do meio físico da cidade de Nova Iguaçu. Além disso, também observou-se que o Sistema de banco de dados do Qgis permitiu consultar de forma fácil e dinâmica afim de obter e gerar os resultados desejados.

O sistema permitiu a integração das bases cartográficas e temáticas nas escalas gerencial e operacional em meio digital para suporte espacial e de georeferenciamento, análises e ações, tendo como propósito inventariar e melhor conhecer a dinâmica e as interações dos elementos da natureza-sociedade, que possibilitem a produção de cenários futuros em busca de alternativas de desenvolvimento, sem grandes danos ao meio ambiente.

# 4 Conclusões

As aplicações do geoprocessamento para a gestão ambiental apresentam amplo espectro de possibilidades, tendo como relevância o aumento da capacidade de análise do território, facilitando e fundamentando os processos decisórios importantes, em diversas escalas. De forma prática, tais aplicações são usualmente utilizadas para elaboração de mapas de uso e ocupação do solo, e um conjunto de estudos em

geografia física – relevo, hidrografia, geologia, geomorfologia, climatologia, dentre outros, de forma a caracterizar os graus de sensibilidade ambiental existentes no território estudado.

Tratando-se de análises que tem como eixo central a conservação de floresta *in situ*, o geoprocessamento tem muito a contribuir para a implementação das unidades de conservação, desde os estudos técnicos para sua criação, passando para indicação de seu zoneamento interno, sua zona de amortecimento, para aquelas de proteção integral, e definição de corredores ecológicos. A evidenciação dos elementos bióticos presentes nos territórios a serem protegidos, apontando sua espacialização e identificando suas relevâncias biológicas, notadamente seu estado de endemismo e grau de risco de extinção, sendo marcos essenciais para a construção da essencialidade deste processo de proteção, conservação e recuperação.

Quanto à implementação de empreendimentos de variados graus de impactos antrópicos, a geoespacialização de seus conflitos com os elementos naturais existentes é hoje uma obrigação, seja para facilitar sua contextualização, seja para garantir como tais impactos se relacionam com as questões sociais que possam ocorrer. E, desta forma, garantir uma análise ambiental qualificada, o controle social necessário e a transparência pública exigida para tais casos. Nesse contexto, a utilização do uso de um sistema de informação geográfica no município permitirá maior eficiência na identificação de políticas públicas, eficácia na localização de marcações e efetividade na aplicação de políticas públicas voltadas ao estudo do meio ambiente geográfico a fim de permitir a consolidação dos planos de informação permitindo o cruzamento de bases de dados para posteriormente realizar análises das informação geradas permitindo a partir das informações as seguintes ações provendo de bases digitais e mapas.

Ao estudar-se as possibilidades da efetiva para utilização de um SIG para gestão a nível municipal, este artigo visou incentivar o uso de sistemas de informações geográficas associados por administrações municipais, pois através desta ferramenta é possível obter uma visão do espaço geográfico em suas múltiplas escalas e representações temáticas, possibilitando a criação de cenários avaliativos para análise, consultas e projeções e orientando para efetiva criação de políticas públicas eficazes e eficiente para gestão do território em objeto, invalidando políticas públicas conflituosas e imprecisas por gestores que desconhecem a dinâmica espacial existentes no território e criam politicas publicas baseadas em teorias ou sem fundamentos.

## 5 Referências Bibliográficas

Araújo GC, Bueno MP, Sousa AA, Mendonça PSM (2006) Sustentabilidade Empresarial: conceitos e indicadores. In: Congresso brasileiro virtual de administração. Disponível em: http://www.convibra.com.br/2006/artigos/61\_pdf.pdf. Acesso em: 10 junho. 2018.

Câmara municipal do Rio de Janeiro - CMRJ (2017) Modelar a Metrópole. Relatório técnico final- execução de base cartográfica na escala 1:2.000 dos municípios da região metropolitana do rio de janeiro (1.794 km²) - execução de base cartográfica na escala 1:2.000 com mantém uma faixa de 3 km ao entorno do arco metropolitano (429 km²) georeferenciamento das propriedades atingidas pelo arco metropolitano (em uma extensão de 70,9 km) 2015 RMRJ. Disponível em <a href="http://www.modelarametropole.com.br/">http://www.modelarametropole.com.br/</a>

Capra F (1980) The turning point, Simon e Schuster, Nova York.

Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD (1988). Nosso futuro comum. 2a ed. Tradução de Our common future. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015) Resolução da Presidência nº 01/2015. ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos\_e\_outros\_documentos\_de\_referencia/normas/rpr\_01\_2015\_sirgas2000.pdf

Nova Iguaçu (1997) Lei Municipal n. 2.882, de 30 de dezembro de 1997. Aprova a consolidação das leis de uso e ocupação do solo do Município de Nova Iguaçu Lei nº 2.882/97 e Lei nº 4.333/13 e dá outras providências.

Nova Iguaçu (1998) Lei Municipal n. 2.961, de 21 de dezembro de 1998. Aprova a Lei de Parcelamento do Uso do Solo Urbano e dá outras providências NOVA IGUAÇU, Decreto Municipal n. 6.383 de 08 de agosto de 2001. Cria a Área de Especial Interesse Geográfico do Morro Agudo.

Nova Iguaçu (2002) Decreto Municipal n. 6.489 de 06 de junho de 2002. Cria a Área de Proteção Ambiental de Tinguazinho. RIO DE JANEIRO (Estado), Lei Estadual n, 1.331 de 12/07/1988. Cria a Área de Proteção Ambiental do Gericinó-Mendanha.

Nova Iguaçu (2011) Lei Nº. 4.092, De 28 De Junho De 2011 Plano Diretor Participativo e o Sistema de Gestão Integrada e Participativa da Cidade de Nova Iguaçu. <a href="http://comiteguandu.org.br/conteudo/plano-nova-iguacu.pdf">http://comiteguandu.org.br/conteudo/plano-nova-iguacu.pdf</a> Acesso em 22 de Junho de 2018

Nogueira ACRM (2015) Planejamento e Gestão Territorial: Uma Análise Sobre as Estratégias de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do Município de Maricá/RJ Rio de Janeiro, 2015. 166 f., 30 cm - http://www.peu.poli.ufrj.br/arquivos/Monografias/Amanda\_Nogueira.pdf

Rezende DA (2012) Implantação de um SIG ambiental na gestão municipal III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012 IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – <a href="http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/XI-069.pdf">http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/XI-069.pdf</a> Acessado em 24/05/2018

Pires GD (2003) Um Modelo de Sistema Integrado de Gestão Urbana Utilizando Geoprocessamento: Estudo de Caso na Cidade de Nova Iguaçu. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de janeiro.

QGIS Development Team (2017). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <a href="http://qgis.osgeo.org">http://qgis.osgeo.org</a>

Romero M (2000) Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo: Pro editores. Disponível em: <a href="http://www.ceap.br/material/MAT29052012162649.pdf">http://www.ceap.br/material/MAT29052012162649.pdf</a>. Acesso em 15 de maio de 2018

Romero M (2001) Arquitetura Bioclimática do espaço Público. Brasília: Editora UNB

# Eventos extremos de precipitação na cidade de Nova Iguaçu: Identificação e estimativa por radar

Wellerson Pinto da Costa<sup>1</sup>; Gleison Rodrigues da Silva<sup>1</sup>; Fabricio Polifke da Silva<sup>1</sup>; Gisele Dornelles Pires<sup>1</sup>; Rafael João Sampaio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu - RJ

wellersoncostawp@gmail.com, gleisonro2012@gmail.com,briciopolifke@gmail.com, unigengenharia@gmail.com, samprafael@gmail.com

Resumo - Eventos extremos de precipitação favorecem a ocorrência de cheias, deslizamentos de encostas e causam inúmeros transtornos à sociedade. Neste contexto, a análise da precipitação estimada por radar auxilia na quantificação espacial dos acumulados pluviométricos conducentes a ocorrência destes eventos críticos. Este trabalho utilizou os dados de refletividade medidos pelo radar meteorológico do Sumaré para estimar a chuva observada em dois eventos de chuvas extremas ocorridos na cidade de Nova Iguaçu em 2013. A estimativa da precipitação foi realizada utilizando as relações físicas e matemáticas propostas por Mashall-Palmer, Battam e Thunderstorms. Para avaliar a chuva estimada, utilizaram-se os dados das estações hidrológicas GBM Nova Iguaçu e Catavento pertencentes ao Sistema de Alerta de Cheias do Instituto Estadual do Ambiente. Através de uma análise quantitativa da série de dados, verificou-se que a chuva estimada pelo radar superestimou a chuva para as relações estratiformes e subestimou a chuva para a relação convectiva quando comparados os dados estimados em relação aos observados. Entretanto, através de uma análise qualitativa, foi possível verificar que a chuva estimada acompanhou bem os picos de precipitação observados.

Palavras-chave: Chuva, radar, correlação.

Abstract - Extreme rainfall events favor the occurrence of floods, landslides and slopes cause numerous disruptions to society. In this context, the analysis of the precipitation estimated by radar helps in the spatial quantification of the rainfall accumulations leading to the occurrence of these critical events. The present research used the reflectivity data measured by Sumaré meteorological radar to estimate the rainfall observed in two extreme rainfall events in the city of Nova Iguaçu in 2013. The precipitation estimation was performed using the physical and mathematical relationships proposed by Mashall-Palmer, Battam and Thunderstorms. To evaluate the estimated rainfall, data from the GBM Nova Iguaçu and Catavento hydrological stations belonging to the Flood Alert System of the State Environmental Institute were used. Through a quantitative analysis of the data series, it was verified that the rainfall estimated by the radar overestimated the rain for the stratiform relations and underestimated the rain for the convective relation when compared the estimated data in relation to the observed ones. However, through a quantitative analysis, it was possible to verify that the estimated rainfall followed well the precipitation peaks observed.

Keywords: Rainfall, radar, correlation.

## 1 Introdução

O desenvolvimento de tecnologias capazes de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das gerações futuras, a preservação do meio ambiente, as mudanças climáticas e redução dos danos causados por desastres naturais têm adquirido grande interesse da comunidade científica nas últimas décadas. Como agentes delimitadores à sobrevivência humana, desastres naturais, definidos como o resultado de fenômenos naturais extremos ou intensos que causam grandes impactos na sociedade (Tobin e Montz 1997), se caracterizam como uma forte vertente de pesquisas e exploração de metodologias que visem a redução de riscos, estratégias em situações de crises e emergências e a mitigação das possíveis perdas e danos associados.

Na área das ciências atmosféricas, as ondas emitidas pelo radar podem identificar os sistemas meteorológicos e informar, quase em tempo real, sobre suas estruturas e seu desenvolvimento o no tempo e no espaço; é possível, também, diagnosticar os sistemas convectivos desde os seus estágios iniciais de formação, a ocorrência de precipitação e dissipação. O ápice de seu uso se encontra na estimativa de chuva no solo. Em especial, destaca-se a hidrologia no uso direto das estimativas da precipitação como dados de entrada nos modelos de previsão de vazões, monitoramento de cheias e secas sobre bacias hidrográficas, estudos de drenagem urbana e segurança hídrica, projetos de barragens, etc. Para outras áreas, como navegação aérea, agricultura, construção civil, turismo e saúde pública, são importantes as informações em curto prazo sobre o padrão de chuvas e sua previsão para as próximas horas, isto é, nowcasting (Almeida 2002).

A identificação, rastreamento e previsão usando dados de radar são importantes ferramentas para o monitoramento da intensidade e localização de sistemas meteorológicos severos. Detectar tempestades, calcular suas propriedades físicas (tais como posição do centroide, integral vertical do conteúdo de água liquida, volume, altura máxima), e rastrear, e em conjunto prever, a evolução e deslocamento das tempestades torna o uso dos radares uma essencial parte das operações de Sistemas de Monitoramento Ambiental. Além do acompanhamento destas variáveis, os seus resultados podem ser utilizados como dados de entrada para algoritmos que possam estimar a ocorrência de outros fenômenos meteorológicos de interesse, como, por exemplo, granizo (Joe et al. 2004), assim como providenciar informações sobre os fenômenos meteorológicos em altas resoluções espaçotemporais.

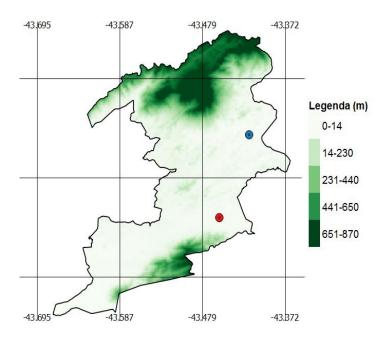
Um radar meteorológico opera pela emissão de pulsos de energia eletromagnética na frequência de micro-ondas na atmosfera. Quando estes pulsos encontram objetos, parte desta energia eletromagnética é espalhada de volta ao radar. A energia medida pelo radar é proporcional à soma da sexta potência dos diâmetros dos tamanhos das gotas dentro da nuvem em uma unidade volumétrica iluminada pelo feixe de radar, definida como o fator de refletividade do radar (Z). A refletividade (Z) é então usada para calcular diferentes taxas de precipitação (R), sendo estas influenciadas diretamente pelas propriedades e concentrações dos hidrometeoros presentes na nuvem (Stout e Mueller 1968; Cataneo 1969; Cunning et al 1977). Através da distribuição por tamanho exponencial de Marshall-Palmer (Marhsall e Palmer 1948), uma expressão que relaciona Z e R, chamada relação Z-R, é dada por:

Em geral, o coeficiente A aumenta e o expoente b diminui com o aumento da atividade convectiva. Mesmo para tempestades semelhantes sobre uma mesma região geográfica, grandes variações das relações Z-R são observadas, caracterizando a necessidade contínua de calibrações locais das relações Z-R (Battan 1973; Wilson e Brandes, 1977).

Este trabalho visa avaliar a estimativa da precipitação por radar em um evento extremo de precipitação ocorrido na cidade de Nova Iguaçu com a finalidade de caracterizar a aplicabilidade destas relações físicas e matemáticas como ferramentas para a identificação dos acumulados pluviométricos conducentes à ocorrência de desastres naturais.

#### 2 Materiais e Métodos

A cidade de Nova Iguaçu é um município localizado na região da Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro, ocupa uma área de 523,888 km² (Figura 1) e população estimada de 798 657 habitantes (2017), segundo o Instituo Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (http://www.ibge.gov.br/home/). Os dados de precipitação utilizados são oriundos das estações da Rede Telemétrica do Sistema de Alerta de Cheias do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) localizadas na cidade de Nova Iguaçu (Figura 1).



**Figura 1** - Perfil de elevação da cidade de Nova Iguaçu e estações Catavento (azul) e GBM Nova Iguaçu (vermelho) do Sistema de Alerta de Cheias do INEA.

Os dados de refletividade utilizados nesta pesquisa foram obtidos através das varreduras realizadas pelo radar meteorológico do Sumaré localizado na cidade do Rio de Janeiro. O radar de Sumaré é um radar do tipo banda-C e está localizado no alto da Serra da Carioca, dentro do Parque Nacional da Tijuca, e realiza somente varreduras do tipo azimutal, isto é, com um ângulo de elevação fixo em 3°, sendo estas de grande utilidade para um maior detalhamento temporal dos dados (a cada 2 minutos).

Para a estimativa da precipitação serão utilizadas as relações Z-R (Tabela 1) propostas por Mashall-Palmer (MP), Battam (BT) e Thunderstorms (TD). Estas três relações foram escolhidas para caracterizar a

variabilidade microfísica presente entre as duas classes de tipos de nuvens, isto é, convectivas e estratiformes, que favorecem a ocorrência de precipitação na cidade de Nova Iguaçu.

Tabela1 - Relações ZR utilizadas

Nome	Relação	Ótima para
MP (Marshall e Palmer, 1948)	$Z = 200R^{1,6}$	Nuvens estratiformes
BT (Battan, 1973) – BT	$Z = 238R^{1,5}$	Nuvens estratiformes
TD (Battan, 1976)	$Z = 486R^{1,37}$	Nuvens convectivas

## 3 Identificação dos eventos extremos de chuva

A rede telemétrica do INEA realiza a coleta dos dados hidrológicos a cada quinze minutos. Assim, para a identificação dos eventos extremos de chuva realizou-se o somatório do total diário e utilizou-se o limiar de chuvas diárias acima de 100 mm (Dereczynski et al 2017) como critério para a identificação dos eventos extremos de chuva ocorridos na cidade de Nova Iguaçu. Através do limiar proposto foram encontrados seis eventos hidro meteorológicos extremos ocorridos na cidade de Nova Iguaçu entre 2007 e 2014. Com a finalidade de categorizar os sistemas meteorológicos que favoreceram a ocorrência destes acumulados pluviométricos, utilizaram-se as cartas sinóticas disponibilizadas pelo Centro de Hidrografia da Marinha. Dentre os seis eventos obtidos, verifica-se que a passagem de Frentes Frias sobre a região sudeste do Brasil favoreceu a ocorrência de 67 % dos eventos e a atuação das Zonas de Convergência do Atlântico Sul correspondeu a 33 % respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Eventos extremos de chuva

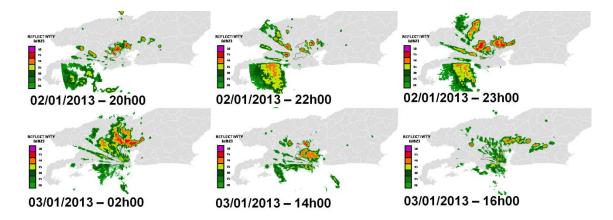
Dias	Chuva (mm)	Sistema Meteorológico
14/01/2009	143,4	Frente Fria
25/01/2010	114,2	Zona de Convergência do Atlântico Sul
29/03/2010	122,2	Frente Fria
05/12/2010	108,6	Zona de Convergência do Atlântico Sul
03/01/2013	168,4	Frente Fria
11/12/2013	125,2	Frente Fria

Apesar dos seis eventos extremos de chuva encontrados, o radar do Sumaré começou a operar no fim de 2010. Com isso, serão realizadas somente as análises dos eventos extremos ocorridos após este período, isto é, os eventos de 03/01/2013 e 11/12/2013.

# 4 Evento de chuva extrema ocorrido em 03/12/2013

A aproximação de uma frente fria em direção ao estado do Rio de Janeiro favoreceu a formação de tempestades isoladas no fim do dia 02 de janeiro de 2013 na cidade de Nova Iguaçu (Figura 2 – 20h00). No

decorrer da sua aproximação, novas tempestades se formaram a partir das 23h00 (Figura 2 – 04h00) e duraram até o fim da tarde do dia seguinte (Figura 2 – 16h00) sobre a cidade de Nova Iguaçu.



**Figura 2** - Imagem georreferenciada do radar do Sumaré entre às 20h00 do dia 02/01/2013 e 16h00 do dia 03/01/2013 (direita). A cidade de Nova Iguaçu está delineada em preto.

Nas Figuras 3a e 3b é possível avaliar a chuva observada pela estação Catavento e GBM Nova Iguaçu (linha preta) e a chuva estimada pelo radar meteorológico utilizando a relação de Marshall-Palmer - MP (verde), Battam (vermelho) e Thunderstorms (azul). Através da Figura 3a, verifica-se que a chuva estimada pelo radar foi superestimada em aproximadamente 94% pelas três relações ZR em relação à chuva observada na estação Catavento. Pela Figura 3b, verifica-se que uma menor diferença entre às chuvas estimadas/observadas é observada. Para as relações MP e BT verifica-se aproximadamente uma superestimativa de 1%, enquanto que para relação de TD uma subestimativa de 27% em relação à chuva observada na estação GBM Nova Iguaçu. Pode-se também verificar que a chuva estimada pelo radar acompanhou bem o comportamento da chuva observada nas duas estações durante este evento extremo de chuva.

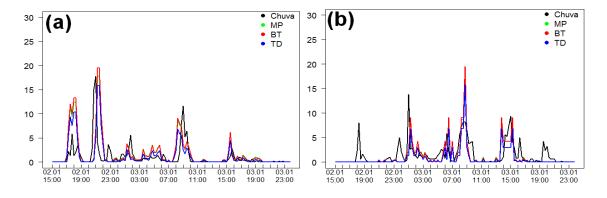
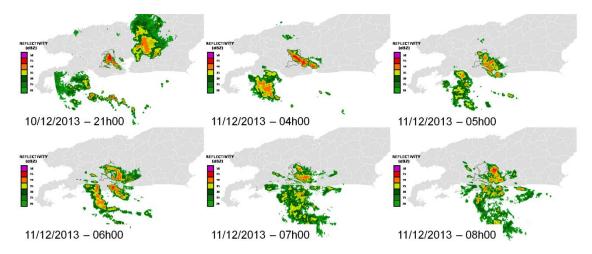


Figura 3 - Chuva observada e estimada por radar para a estação Catavento (a) e GBM Nova Iguaçu (b).

# 5 Evento de chuva extrema ocorrido em 11/12/2013

A aproximação de uma nova frente fria em direção ao estado do Rio de Janeiro favoreceu a formação de uma tempestade convectiva no fim do dia 10 de dezembro de 2013 na cidade de Nova Iguaçu (Figura 4a). Após a sua chegada, uma nova tempestade se formou no decorrer da madrugada (Figura 4b) e favoreceu a retroalimentação de novas áreas de instabilidade até o fim da manhã (Figura 4f) sobre a cidade de Nova Iguaçu.



**Figura 4** - Imagem georreferenciada do radar do Sumaré entre às 21h00 do dia 10/12/2013 e 08h00 do dia 11/12/2013 (direita). A cidade de Nova Iguaçu está delineada em preto.

Nas Figuras 5a e 5b é possível avaliar a chuva observada pela estação Catavento e GBM Nova Iguaçu (linha preta) e a chuva estimada pelo radar meteorológico utilizando a relação de Marshall-Palmer - MP (verde), Battam (vermelho) e Thunderstorms (azul). Através da Figura 5a, verifica-se que a chuva estimada pelo radar foi superestimada em 6% pela relação de MP e 5% pela relação de BT à chuva observada na estação Catavento. Para a relação de TD verifica-se uma subestimativa de 28%. Pela Figura 5b, verifica-se que uma maior diferença entre às chuvas estimadas/observadas, aproximadamente 40% para as três categorias, para estação GBM Nova Iguaçu. Pode-se também verificar que a chuva estimada pelo radar acompanhou bem o comportamento da chuva observada na estação GBM Nova Iguaçu.

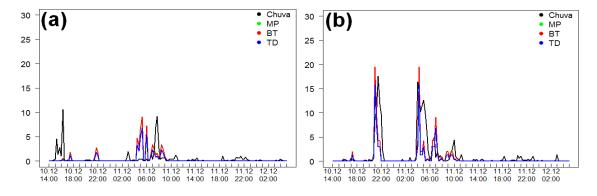


Figura 5 - Chuva observada e estimada por radar para a estação Catavento (a) e GBM Nova Iguaçu (b).

# 6 Conclusões

Através das análises comparativas realizadas verifica-se que a utilização das relações entre a refletividade medida pelos radares meteorológicos e a chuva coleta pelos pluviômetros apresenta um grande potencial para a estimativa da precipitação, assim como o conhecimento da sua distribuição espacial. Através das relações ZR escolhidas, verificou-se uma superestimativa da precipitação para as relações ótimas para nuvens estratiformes e uma subestimativa para as relações ótimas para nuvens convectivas. Tal comportamento, caracteriza a grande necessidade da calibração local destas relações objetivando uma maior acurácia da precipitação estimada por radar.

## 7 Referências Bibliográficas

Almeida VM (2002) Estimativa da precipitação via radar meteorológico do Pico do Couto. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.

Battan LJ (1973) Radar Observation of the Atmosphere. Univ. of Chicago Press, Chicago, Illinois, 324 pp.

Cataneo R (1969): A method for estimating rainfall rate-radar reflectivity relationships. J. Appl. Meteor., 8:815-819

Cunning JB, Sax I (1977) A Z-R relationship for the GATE B-scale array. Mon. Wea. Rev 105: 1330-1336

Joe P, Burgess D, Potts R, Keenan T, Stumpf A, Treloar AG (2004) The S2K severe weather detection algorithms and their performance. Wea. Forecasting, 19, 43–63.

Marshall JP, Palmer WM (1948) The distribution of raindrops with size. J. Meteor., 5, 165–166.

Dereczynski CP, Calado RN, Barros AB (2017) Extreme Rainfall in The City of Rio de Janeiro: History from the 19th Century. Anuário do Instituto de Geociências 40 (2):17-30

Stout GE, Mueller EA (1968) Survey of relationships between rainfall rate and radar reflectivity in the measurement of precipitation. J. Appl. Meteor **7:** 465-474

Tobin GA, Montz BE (1997) Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

Wilson JW, Brandes EA (1979) Radar Measurement of Rainfall: A Summary. Bulletin of the American Meteorological Society, 60, 1048-1058. DOI: 10.1175/15200477(1979)060<1048:RMORS>2.0.CO;2

# Resposta da cultura do milho sobre efeito de inoculação em diferentes dosagens de nitrogênio

Fernando Zuchello<sup>1</sup>; Cleiton Frigo<sup>2</sup>;Leandro dos Santos Barbosa<sup>3</sup>;Paula Fernanda Chaves Soares<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculdade Concórdia, Professor de Agronomia <sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná, Mestrado Ciência do Solo <sup>3</sup>Faculdade Concórdia, Discente de Agronomia <sup>4</sup>Universidade Iguaçu, Professor de Engenharia Civil

 $Zuchello@gmail.com, leandro\_sementes agroceres@outlook.com, cleiton.frigo.agro@gmail.com, Pfernanda 07@gmail.com, Pfernanda$ 

Resumo - Estudos realizados com a inoculação de Azospirillum brasilence nas culturas de interesse econômico do grupo das gramíneas têm demonstrado grandes benefícios ao crescimento e desenvolvimento das plantas, pela produção de alguns hormônios dos vegetais e da fixação biológica de nitrogênio que trazem efeitos positivos ao meio ambiente, reduzindo a necessidade de adubação nitrogenada. Contudo, estirpes eficientes e genótipos promissores, devem ser associados para que se obtenham benefícios com essa associação. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a resposta de um híbrido de milho à associação com A. brasilense e adubação nitrogenada. O delineamento experimental empregado foi em esquema fatorial 1x2x5 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos no híbrido de milho P-4285YHR; inoculação ou não de produto comercial a base de A. brasilense, e cinco doses de N (0, 72, 117, 162 e 207 kg ha-1). Foram avaliados os parâmetros: Altura de planta, comprimento e diâmetro de espiga, peso total de grãos por parcela, verificação da produtividade e analise a viabilidade. Houve interação entre inoculação e adubação nitrogenada no estádio vegetativo da cultura e adubação nitrogenada para a produtividade. O híbrido respondeu as variáveis analisadas e a aplicação de doses crescentes de N proporcionou incrementos para variáveis de produtividade. Houve influência da inoculação com A. brasilense na cultura, que apresentaram incremento em presença da inoculação.

Palavras-chaves: Zea mays L., Bactérias diazotróficas, Azospirillum brasilence

**Abstract** - Studies carried out with the inoculation of Azospirillum brasilence on crops of economic interest of the grasses group have shown great benefits to the growth and development of the plants, by the production of some plant hormones and biological nitrogen fixation that bring positive effects to the environment, reducing the need for nitrogen fertilization. However, efficient strains and promising genotypes should be associated in order to obtain benefits from this association. The objective of evaluating the response of a corn hybrid to the association with A. brasilense and nitrogen fertilization. The experimental design used in a 1x2x5 factorial scheme with four replications. The treatments were constituted in maize hybrid P-4285YHR; inoculation or not of commercial product based on A. brasilense, and five doses of N (0, 72, 117, 162 and 207 kg ha-1). The following parameters evaluated: plant height, spike length and diameter, total grain weight per plot, productivity check and viability analysis. There was interaction between inoculation and nitrogen fertilization at the vegetative stage of the crop and nitrogen fertilization for yield. The hybrid responded to the analyzed variables and the application of increasing doses of N provided increases for productivity variables. There was influence of the inoculation with A. brasilense in the culture, which presented increase in presence of the inoculation.

Key words: Zea mays L., Diazotrophic bacteria, nitrogen doses, Azospirillum brasilence

## 1 Introdução

Mediante o crescimento populacional exponencial das últimas décadas (FAO 2017) a preocupação com segurança alimentar e nutricional aliada a sustentabilidade tem ganhado foco. Cada vez mais, se faz necessário o aumento de produtividade para atender a população sem degradar o meio ambiente. Neste cenário, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas bactérias diazotróficas rizosféricas é uma das tecnologias que está sendo utilizadas para redução de insumos agrícolas, com acréscimo de produtividade e com um ganho muito importante para o meio ambiente pela minimização da emissão de gases de efeito estufa (Mapa 2014).

O milho (*Zea Mays*) é um cereal largamente utilizado para alimentação humana e animal, possuindo excepcionais qualidades nutricionais: fonte de vitaminas, carboidratos, aminoácidos e sais minerais e estando presente na manutenção da dieta humana (Menlir et al. 2008). Servindo de para alimentação humana *in-natura* ou como matéria prima para subprodutos como doces, cremes, sucos, saladas, sorvetes, etc., e para a alimentação animal serve de matéria prima para rações balanceadas, sendo um dos principais ingredientes com função de fornecer energia ao animal (Zardo e Lima 1999).

Toda via, a cultura do milho é muito exigente em nutriente, sendo o nitrogênio o elemento mineral mais importante e que limita sua produtividade (Giracca et al. 2015). Para suprir a demanda da cultura são realizadas adubações nitrogenadas com elevadas doses de N, porém, os fertilizantes nitrogenados elevam o custo de produção, e somado a essa questão, o fertilizante nitrogenado mais utilizado (uréia) é derivado de petróleo, por tanto, um recurso energético não renovável com grande impacto ao meio ambiente (Dotto et al.2010).

Assim a FBN surge como alternativa para viabilizar uma produção com menores custos, além de minimizar o impacto ambiental causado pela emissão de N<sub>2</sub>O. Dessa forma, a utilização do potencial genético das plantas, aliado aos recursos biológicos do solo, como as bactérias fixadoras de nitrogênio apresenta grande potencial para suprir a demanda da cultura fixando nitrogênio (N2), sendo um desafio para uma agricultura sustentável (Graham e Vance 2000)

A FBN é largamente utilizada em leguminosas, já em gramíneas é mais recente, existindo divergências de autores quanto sua eficiência. Godoy et al., (2011) utilizaram como inoculante cepas de *Azospirillum brasilence* e não encontraram respostas positivas da inoculação sobre a produtividade do milho. Por outro lado, Hungria et al., (2010) avaliaram o uso de *Azospirillum brasilence* sobre o milho e encontraram um aumento em 30% na produtividade em relação ao controle sem inoculação, enquanto Xu et al, (2018) testando diferentes estirpes afirma que o houve crescimento das plantas aumentando em pelo menos um parâmetro ou na concentração de nutrientes das plantas de milho.

Diante disso, está pesquisa tem como objetivo avaliar a resposta do milho sobre efeito de inoculação com Azospirillum brasilense em diferentes dosagens de nitrogênio fornecendo informações para os agricultores.

# 2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido a campo no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense - Campus Concórdia localizado na Rodovia SC 283 - Km 08 - Bairro Fragosos - Concórdia - Santa Catarina está em uma longitude de 52° 5'0,08" O, latitude 27° 12'10,36" S e altitude média de 639 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen e Geiger é subtropical úmido (Cfa), com temperatura média de 18.4 °C e pluviosidade média anual de 1878 mm.

O delineamento experimental foi em esquema fatorial 1 x 2 x 5, com quatro blocos. O primeiro fator refere-se aos híbridos simples de milho, P-4285YHR, com ciclo produtivo precoce; o segundo fator é relativo à inoculação ou não de produto comercial a base de *Azospirillum brasilense* (líquido); e o terceiro fator refere-se às diferentes doses de N em adubação de cobertura. Cada parcela experimental contou com 6 linhas de plantio com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 5 metros de comprimento totalizando 12,5 m² por parcela, considerando parcela útil as 4 linhas centrais e desconsiderando 1 metro das laterais como bordadura e os corredores de 1 m de largura entre parcelas e 1 m de largura entre blocos totalizando área total do experimento de 775,5 m².

Para inoculação das sementes foi utilizado um produto comercial líquido (Nitro1000®) com composição de *Azospirillum brasilense*, estirpes AbV5 e AbV6, vitaminas, sais minerais, fonte de carbono, água, espessante, conservante e estabilizante PVP (aquoso) com concentração de 2,0 x 108 células viáveis por mL. A inoculação foi realizada adicionando-se o inoculante, na proporção de 100 mL do produto para 60.000 sementes, com auxílio de pipetas, diretamente sobre as sementes, em sacos plásticos. Posteriormente agitado por aproximadamente 2 minutos para uniformizar a distribuição do produto nas sementes. A massa de sementes foi mantida à sombra por 10 minutos e logo em seguida feita a semeadura.

A adubação de base foi realizada no dia 16 de outubro de acordo com as análises de solo e recomendações conforme descritas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004). Foram adicionados no sulco de semeadura 27 kg ha<sup>-1</sup> de N, 99 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 36 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando-se como fonte o adubo de formulação 09- 33-12, e aplicação realizada com semeadora adubadora de arrasto e trator.

A semeadura foi realizada em 20 de outubro utilizando-se o sistema de semeadura direta feita com semeadora manual deixando-se 7 sementes por metro linear. Após 15 dia da emergência (DAE), foi realizado o desbaste mantendo uma população 3,5 plantas por metro linear, num total de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A adubação de cobertura, foi realizada em duas etapas, uma no estádio V4 e outra V8, nas dosagens de 0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N utilizando ureia como fonte de N.

As avaliações foram feitas em estádio R6 (maturação fisiológica) da cultura, sendo colhidas 10 espigas da área útil previamente delimitada. Foi determinando o comprimento médio e diâmetro de espiga com régua graduada. O peso total de grãos foi obtido pelo somatório das massas de grãos das 10 espigas.

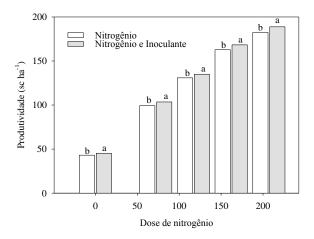
A análise estatística foi feita com auxílio do software estatístico R. Para testar a normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros foram utilizados os testes de Shapiro Wilck de Cochran & Bartley, respectivamente. Com os pressupostos atendidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) com a aplicação do teste F e, para as variáveis, cujo teste F for significativo, as médias foram comparadas, uma a uma, pelo teste Tuckey, (P<0,05).

#### 3 Resultados

O peso total de grãos não inoculado para todas as doses diferiram significativamente, observando incremento de peso juntamente com a elevação nas dosagens, isso já se era esperado já que o hibrido escolhido é de alta tecnologia e responssíel a adubação nitrogenada. A mesma situação ocorre para os tratamentos inoculado. Ulger et al. (1995) constataram estreita ligação entre o teor de N presentes nas folhas e os componentes de rendimento, como número de grãos por espiga e massa de grãos, exercendo influência no enchimento de grãos e

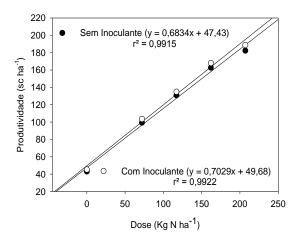
na produtividade da cultura.

Houve diferença significativa entre as doses inoculadas e as não inoculada, onde o inoculado obteve maior peso de grãos, com elevação gradual na massa produzida nas parcelas onde foi aplicado as maiores doses de adubação nitrogenada. Quanto ao tratamento inoculado a produtividade média foi de 188 sacas ha<sup>-1</sup>, e a menor de 45 sacas, para as doses de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N e de 0 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 1).



**Figura 1** - Produtividade em sacas por hectare, para cada dose utilizada no experimento. Médias seguidas de mesma letra dentro de cada dose não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05

Nota-se que quanto maior a dose de N maior a diferença de produtividade do inoculado para o não inoculado, Dobbelaere (2002) verificaram que o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* estirpe Sp 245 e *Azospirillum irakense* estirpe KBC1 foi maior quando associado às doses de N. Para as doses de nitrogênio utilizadas, o aumento da produtividade de 0 a 207 kg N ha<sup>-1</sup>, no tratamento não inoculado, elevou linearmente a produtividade das plantas (Figura 2). Já para as doses em que foi associado a inoculação a resposta foi também linear, com a produtividade 45 a 188 sacas por hectare.



**Figura 2** - Regressão entre a produtividade em sacas por hectare e as doses de nitrogênio utilizadas no experimento, para os tratamentos inoculados e não inoculados.

Houve incremento linear na produtividade de grãos de milho na faixa de doses de N em cobertura testadas, com aumento de 1,3kg de grãos para cada quilograma de N aplicado em cobertura ( $\hat{Y} = 0,7029x + 49,68$ ;  $R^2 = 0,99$ , p < 0,05). Isso comprova os resultados obtidos na maioria dos trabalhos com aplicação de N em cobertura no milho (Ohland et al. 2005; Pandolfo et al. 2006; Farinelli e Lemos 2012), demonstrando ser uma cultura exigente em nitrogênio e responsiva à aplicação desse nutriente.

Na comparação entre os tratamentos, o inoculado sempre foi superior ao não inoculado. Ferreira et al. (2009), ao estudarem o efeito de diferentes doses de N para três genótipos de milho, constataram que o aumento das doses de N proporcionou reflexo direto na produtividade de grãos. A superioridade da inoculação foi de 2,2 sacas para a dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de N, 4 sacas par as doses de 72 e 117 kg ha<sup>-1</sup> de N, de 5,3 sacas para a dose de 162 kg ha<sup>-1</sup> de N e de 6,4 sacas para a dose de 207 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3).

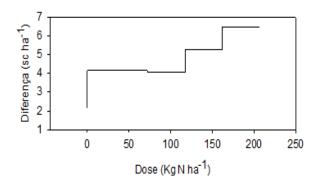


Figura 3 - Diferença de produtividade em sacas por hectare, para cada dose utilizada no experimento.

Na média dos tratamentos, independente da dose de N aplicada em cobertura, verifica-se que o uso de inoculante nas sementes propiciou acréscimos na produtividade do milho em relação a não inoculação.

Se considerarmos o baixo custo por área do inoculante e levarmos em conta o ganho financeiro que se pode ter pelo uso do inoculante e ainda com possibilidade de redução no uso de N mineral, vale afirmar que essa é uma tecnologia promissora que merece atenção por parte dos agricultores para uma maior difusão. O custo do produto comercial a base de *A. brasilense* utilizado no experimento foi de aproximadamente R\$ 20,00 para cada 1L e cada litro atende de 3 a 5 hectare. Ponderando o acréscimo de produtividade alcançado com a inoculação e relacionando ao tamanho da propriedade o agricultor pode ter um aumento de renda considerável caso utilize inoculação de Azospirillum brasilense.

# 4 Conclusão

Os híbridos de milho apresentam comportamento diferenciado quanto à maioria das variáveis analisadas, houve maiores rendimentos com a utilização do inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Percebe-se que há viabilidade econômica no uso dessa tecnologia, já que o custo por hectare e baixo e ganho de produtividade foi comprovado, como visto por Hungria et al. (2010), a inoculação com *A. brasilense*, proporcionou 24 a 30% de incremento no rendimento em relação a ausência de inoculação e Braccini et al.

(2012) notaram que a inoculação das sementes com estirpes Abv5 e Abv6 de *A. brasilense*, proporcionou incremento de produtividade do milho quando comparado aos tratamentos sem inoculação.

O aumento da produtividade devido à inoculação com *Azospirillum* nos ensaios conduzidos no Brasil foi correlacionado não só com o aumento do N, mas também com outros nutrientes, como o P e K, fato também relatado em outros países (Bashan e Holguin 1997; Bashan et al. 2004).

Em relação aos níveis de N utilizados, os resultados mostram que, na média, houve um incremento significativo no número e na massa das espigas com o uso do nutriente. Esse efeito positivo do N sobre o rendimento do milho é conhecido e reforça a importância do elemento para a cultura. Segundo Bredemeier & Muddstock (2000), o N atua diretamente no desenvolvimento do milho, influenciando o rendimento da planta mais do que qualquer outro nutriente.

Nos parâmetros avaliados a realização de inoculação demonstrou-se como uma eficiente alternativa para alavancar a produtividade da cultura do milho. Também efeitos significativos no crescimento e produção das plantas de milho foram obtidos com uma combinação de bactérias indicando uma interação desconhecida ou talvez uma especificidade entre o genótipo da planta e a estirpe bacteriana (Bashan e Holguin 1997). Outro estudo foi realizado em sorgo por García-Olivares et al. (2006) testando diversas cepas de *Azospirillum brasilense* que observaram um incremento na biomassa de grãos quando utilizada a inoculação, segundo os autores houve diferenças significativas entre as cepas na produção de grãos, devido principalmente às condições ambientais variáveis durante a colonização de cada cepa, segundo eles a inconsistência de resultados se deve a diversos fatores que são difíceis de identificar.

A utilização de inoculação do milho se torna uma nova ferramenta disponível e viável para os agricultores do Oeste Catarinense, justificada pelos índices observados no acréscimo na produtividade. Em estudos realizados por Campos et al. (2000) na cultura do milho, testando inoculante à base de uma estirpe de *Azospirillum* sp., os autores observaram, que o produto testado não incrementou o rendimento de grãos. Estes resultados foram atribuídos a escolha da estirpe que não foi suficientemente eficiente, e destacam a necessidade de se buscar e testar estirpes adaptadas a cada região em termos de clima, sistema de manejo e cultivares.

Em um extenso estudo em um conjunto de nove ensaios realizados em Londrina e Ponta Grossa, Sul do Brasil, com nove estirpes de *Azospirillum*, Hungria et al. (2010) concluíram que as cepas de *A. brasilense* AbV4, AbV5, AbV6 e AbV7 aumentaram o rendimento de grãos de milho de 662 a 823 kg ha<sup>-1</sup>, 24 a 30%, em relação ao controle não inoculado. Em um segundo ensaio conjunto, com oito experimentos em Londrina e Ponta Grossa, com inoculantes a base de *A.brasilense*, as cepas AbV5 e AbV6 aumentaram o rendimento de milho em 26% (Hungria et al., 2010). Os autores afirmam que os efeitos da inoculação foram atribuídos ao aumento geral da absorção de macro e micronutrientes e não especificamente a fixação biológica de nitrogênio. Também Cavallet et al. (2000) utilizando a inoculação de um produto comercial (Graminante<sup>®</sup>) à base de *Azospirillum* sp. teve como resultado um aumento significativo rendimento de grãos de milho de 17%.

Porém, a imprevisibilidade dos resultados de inoculação, positivos e negativos, como o demonstrado por este estudo, é o que tem limitado o uso comercial destes organismos como inoculantes na agricultura. Os possíveis fatores desta imprevisibilidade podem ser: a competitividade do inoculante com a população nativa de microrganismos, dificuldades na formulação de inoculantes (manutenção da viabilidade, alto número de células e estágio do crescimento), baixa sobrevivência das estirpes inoculadas nos diferentes solos, agentes microbianos adversos, especificidade do inoculante, entre outros (Bashan e Holguin, 1997).

Percebe-se que há viabilidade econômica no uso dessa tecnologia, já que o custo por hectare é baixo

frente ao ganho de produtividade comprovado, além da inoculação com *Azospirillum brasilense* ser uma tecnologia de baixo impacto ambiental. No entanto, sua indicação técnica ainda precisa ser melhorada, levando-se em conta, entre outros fatores, os genótipos e o nível de investimento adotados na lavoura. Adicionalmente, é necessário buscar e estudar novas estirpes e formulações de inoculantes para aumentar a eficiência da inoculação com o objetivo de diminuir a dose de fertilizantes nitrogenados ou aumentar o rendimento de grãos da cultura do milho.

#### 5 Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Concórdia pela recepção e disponibilização da área experimental. A FACC - Faculdade Concórdia pelo apoio metodológico e suporte acadêmico para realização deste trabalho. A Universidade Iguaçu - UNIG pelas as contribuições feitas ao trabalho.

#### 6 Referências

Bashan Y, Holguin G (1997) Azospirillum – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology, 43:103-121

Bashan Y, Holguin G, DE-Bashan LE (2004) Azospirillum-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology, 50:521-577

Braccini LA, Dan LGM, Piccinin GG (2012) Albrecht, L.P.; Barbosa, M.C.; Ortiz, A.H.T. (2012) Seed inoculation with Azospirillum brasilense, associate with the use of bioregulators in maize. Caatinga. 25:58-64

Bredemeier C, Mundstock CM. (2013) Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. Ciência Rural, 30:365-372

Campos BC, Theisen S, Gnatta V (2000) Avaliação do inoculante "Graminante" na cultura de milho. Ciência Rural, Santa Maria, v. 30 (4): 713-715

Cavallet LE, Pessoa ACS, Helmich, JJ, Helmich PR, OST CF (2000) Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com Azospirillum sp. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental, Campina Grande, 4(1):129-132

Dobbelaere S (2002) Effect of inoculation with wild type Azospirillum brasilense and A. (2002) irakense strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils.

Dotto AP, Lana MC, Steiner F, Frandoloso JF (2010) Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 5(3): 376-382

Farinelli R, Lemos LB (2012) Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, 42 (1): 63-70

Ferreira AO, Sá JCM, Briedis C, Figueiredo AG (2009) Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 44:173-179.

Food and Agriculture Organization, (2017) Estado da Segurança Alimentar e da Nutrição no Mundo. http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/es/, Acessado em 28 de Abr de 2018.

Giracca EMN, Nunes JLS (2015) Nitrogênio (N) – Fertilizantes. Agrolink. Disponível em: http://www.agrolink.com.br/ fertilizantes/nutrientes nitrogenio.aspx Acesso em 28 de Abr de 2018.

Godoy JC, Watanabe SH, Fiori CCC, Guarido RC (2011) Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com Azospirillum brasilense. Campo Digital. 6:26-30.

Graham PH, Vance CP (2000) Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crops Res, v. 65(2-3): 93-106.

Hungria M, Campo RJ, Souza EMS, Pedrosa FO (2010) Inoculation with selected strains of Azospirillum brasilense and A. lipoferum improves yields of maize and wheat in Brazil. Plant Soil. 331:413–425.

Menlir A, Liu W, White WS, Maziya-Dixon B, Rocheford T (2008) Carotenoid diversity in tropical-adapted yellow maize inbred lines. Food Chemistry 109, 521-529.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2014) Fixação Biológica do Nitrogênio. Programa ABC – Agricultura de Baixo Carbono.

Ohland RAA, Souza LCF, Hernani LC (2005) Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.29 (3) 538-544

Pandolfo CM, Veiga M, Massignam AM (2006) Resposta do milho à adubação nitrogenada quando cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno, no sistema plantio direto. Agropecuária Catarinense, v.19(3):79-83

Ulger AC, Becker A, Kant G. (1995) Response of various maize inbreed line and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. Journal of Agronomy and Crop Science 159:157-165.

Xu J, Kloepper JW, Huang P, McInroy JA, Hu CH (2018) Isolation and characterization of N2-fixing bacteria from giant reed and switchgrass for plant growth promotion and nutrient uptake. Jornal of Basic Microbiology. <a href="https://doi.org/10.1002/jobm.201700535">https://doi.org/10.1002/jobm.201700535</a>

# Influência da resolução espacial na análise morfométrica da bacia do rio Quitandinha em Petrópolis - RJ

Rafael João Sampaio<sup>1</sup>; Fabrício Polifke da Silva<sup>1</sup>; Vinícius dos Santos Batista, Gisele Dornelles Pires<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

samprafael@gmail.com, briciopolifke@gmail.com, viniciusuflaa@gmail.com, gdornele@gmail.com

Resumo – A análise morfométrica possibilita a obtenção de informações de uma de uma bacia hidrográfica utilizando apenas informações cartográficas. Com o advento de novas tecnologias, como radar, drone e lidar, juntamente com a difusão de algoritmos de geoprocessamento, os modelos digitais de elevação (MDE) estão se consolidando como a principal fonte de dados para este tipo de análise em bacias pouco monitoradas, uma vez que, a partir destes é possível modelar a área e hidrografia da bacia e, consequentemente, os parâmetros morfométricos da bacia. Neste estudo, duas fontes de dados com diferentes escalas espaciais são utilizadas para caracterizar a susceptibilidade da bacia do rio Quitandinha, no município de Petrópolis – RJ, a eventos de cheias. Os parâmetros morfométricos originários de dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução de 30 m, e de um modelo digital de elevação hidrologicamente consistido (MDEHC), obtido de cartas topográficas de 1:50000, com resolução de 10 m, são confrontados. Os resultados sugerem que a variação da escala possui uma considerável influência nos parâmetros geométricos da bacia, entretanto, apesar das diferenças nos índices morfométricos, a classificação geral da bacia em relação a vulnerabilidade a cheias não é alterada.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, SIG, modelagem hidrológica

Abstract - A morphometric analysis enables a survey of information from a hydrographic window that can only contain cartographic information. With the advent of new technologies such as radar, drone and dealing with the diffusion of geoprocessing algorithms, digital measurement models (MDE) are consolidating as a main source of data for this type of analysis in poorly monitored basins, Once, from the standpoint of modeling an area and the hydrography of the basin and, consequently, the morphometric parameters of the basin. In this study, the two digital models of evaluation are used to characterize a susceptibility of the Quitandinha river basin, in the municipality of Petrópolis - RJ, a flood events. The original morphometric parameters of the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), with a resolution of 30 m, and a digital hydrocarbon model (MDEHC), obtained from 1: 50000 topographic charts, with a resolution of 10 m, are compared. The results of this change of scale in the geometric values of the basin, however, are the same in the morphometric indices; a general classification of the basin in relation to the vulnerability to floods is not altered.

**Keywords:** Remote sensing, GIS, hydrological modeling

#### 1 Introdução

O conhecimento da superfície terrestre é fundamental para compreender o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas. Dessa forma, a topografia do terreno possui uma grande importância no desenvolvimento de modelos de processos hidrológicos fisicamente realistas, através da relação inerente entre o relevo superficial e o fluxo da bacia (Woodrow et al. 2016). A topografia pode ser considerada o fator principal da maioria dos processos que ocorrem na superfície da terrestre (Jenson 1991).

A análise de uma bacia de drenagem baseada em parâmetros morfométricos é muito importante para o planejamento de bacias hidrográficas, uma vez que fornece uma ideia sobre as características da bacia em relação a declividade, topografia, condição do solo, características de escoamento superficial, potencial hídrico superficial, etc. (Rai et al. 2018; Sukristiyanti et al. 2018). Esta análise possibilita conhecer os aspectos dos parâmetros lineares, de área e de relevo (Abboud e Nofal 2017). Isto porque, através das linhas de drenagem de uma área é possível explicar a geometria tridimensional existente na região e auxiliar a descrição do seu processo de evolução morfométrica (Singh 1980). Os índices de forma usados na morfometria da bacia de drenagem relacionam-se com a quantificação da forma da bacia e fornecem um meio para descrever as características hidrológicas de uma bacia hidrográfica, sendo assim um aspecto importante da característica da bacia hidrográfica (Strahler 1964).

Os modelos digitais de elevação (MDE) contribuíram substancialmente para o progresso da modelagem hidrológica espacial ao longo das últimas décadas. Os MDEs são representações matriciais da topografia de uma região e são muito utilizados em estudos de bacias hidrográficas (Aher et al. 2014; Altaf et al. 2014; Singh et al. 2014; Rai et al. 2017; Ameri et al. 2018). Técnicas avançadas de aquisição de dados de elevação, interpolação e condicionamento hidrológico revolucionaram a precisão do MDE e a extração de derivadas topográficas da superfície digital do terreno.

Uma dessas técnicas se destacam neste contexto, pois possibilita modelar os caminhos de fluxo em MDEs tendo por base as diferenças de elevação entre as células da grade e suas células vizinhas. Através dessas diferenças é possível estimar a direção do fluxo superficial topograficamente direcionado que passa por cada célula da grade do MDE (Tribe 1992). As informações de direção de fluxo derivadas desses algoritmos de roteamento podem ser usadas para derivar atributos hidrológicos, como a área de captação de subidas e a localização das divisões de drenagem. Cada método de roteamento de fluxo tem uma abordagem única, redistribuindo o fluxo de uma célula de grade para seus vizinhos de declínio.

Entretanto, uma limitação que o ocorre nos MDEs é a ocorrência de depressões no modelo, que pode afetar a modelagem da hidrografia da área. Um método de contornar este problema é chamado de *stream burning*. Esta técnica de controle de fluxo permite corrigir os padrões de drenagem de superfície derivados de MDE através de uma camada vetorial com a hidrografia local. As elevações das células coincidentes com as características com o dado vetorial são ajustadas (Lindsay 2016). Trabalhos como Oliveira (2012) explora esta técnica.

O presente trabalho se propõe a analisar dois MDE, na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Quitandinha, localizada no município de Petrópolis – RJ, buscando estudar como diferentes técnicas de concepção do MDE pode interferir nos parâmetros morfométricos de uma bacia.

#### 2 Metodologia e área de estudo

A bacia do rio Quitandinha é uma sub-bacia do rio Piabanha, localizado no município de Petrópolis (Figura 1). A ocorrência de enchentes durante o verão neste município tem aumentado em magnitude e frequência nos últimos anos. Dentre os principais justificativas para tal aumento destaca-se o aumento da urbanização na área bacia e consequentemente intervenções antrópicas, que resultaram em alterações significativas nos canais principais.



Figura 1 - Bacia do rio Quitandinha

#### 2.1 Dados e delimitação da bacia

A análise morfométrica da bacia teve como base duas fontes de dados principais: Cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com escala de 1:50000, que foram utilizadas para construir um modelo digital de elevação da bacia hidrologicamente consistido (MDEHC) com resolução espacial de 10 metros, e dados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), com resolução de 30 metros. As Curvas de nível vetorizadas e os pontos cotados da carta topográfica foram utilizadas na primeira etapa da produção do MDE por meio do algoritmo *v.surf*, do *software* GRASS GIS. A hidrografia das cartas foi utilizada para convecção do MDEHC, através da ferramenta *Burn Stream Network* do software SAGA – GIS. A partir do MDEHC, delimitou-se a área da bacia do rio Quitandinha com as funções *r.watershed* e *r.water.oultlet* do *software* GRASS GIS. Através destes algoritmos foram confeccionados os mapas de acúmulo de fluxo e direção de fluxo. Nesta etapa foi estabelecido o número mínimo de 2500 píxels para definição de canal.

Na sequência, foi inserido a coordenada do exutório da bacia, possibilitando assim a delimitação da bacia hidrográfica e modelagem a hidrografia. A obtenção dos parâmetros morfométricos e confecção das layers finais foi utilizado o software Qgis 16.04. A Figura 2 resume a metodologia.

O MDE SRTM, com resolução de 30 metros, foi obtido pelo endereço virtual do Serviço Geológico Americano (*earthexplore.usgs.gov*). O modelo inicialmente foi submetido ao algoritmo GRASS *r.fill.dir*, que preencheu eventuais falhas ocorridas no modelo, retirando depressões. Na sequência seguiu-se com algoritmos

*r.watershed* e *r.water.oultlet*,também do *software* GRASS GIS, para produção dos mapas de acúmulo e direção de fluxo. Afim de obter uma área de contribuição semelhante para cada canal, foi estabelecido um número mínimo de 278 pixels. Os passos seguintes são semelhantes ao do MDEHC, com a determinação do exutório, modelagem da bacia e da hidrografia e estimação dos parâmetros morfométricos.

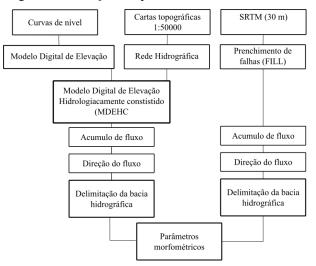


Figura 2 - Diagrama da metodologia

#### 2.2 Parâmetros morfométricos

A tabela 1 apresentam os parâmetros morfométricos utilizados neste estudo. A partir dos vetores obtidos pelos dois modelos digitais de elevação, foram calculados a área (A), perímetro (P), comprimento da hidrografia (H), comprimento do canal principal (C), distância vetorial dos pontos extremos do canal principal (L) e a amplitude altimétrica (Aa), obtido pela diferença entre os pontos de maior e menor altitude da bacia. Como parâmetros morfométricos foram utilizados o fator de forma (Ff), o índice de circularidade (Ic), densidade de drenagem (Dd), coeficiente de compacidade(Kc), índice de sinuosidade (Is), relação do relevo (Rs) e razão de elongação (Re). A tabela 1 resume estes índices.

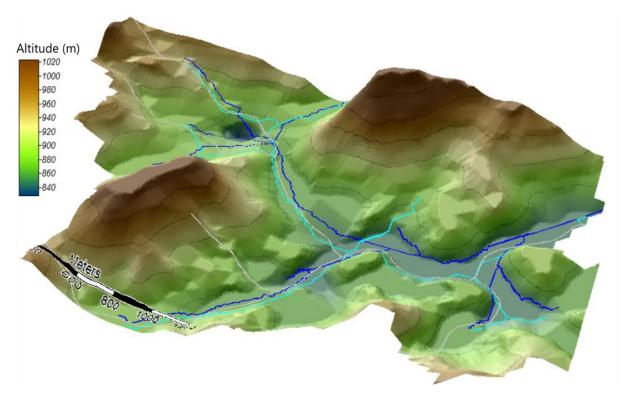
Tabela 1 - Parâmetros geométricos e morfométricos utilizados no estudo

Parâmetros geométricos	Fórmula
Área – A	
Perímetro - P	
Hidrografia - H	
Maior comp - L	
Distancia vetorial - dv	
Comprimento axial - La	
Amplitude altimetrica -Ah	
Parâmetros morfométricos	
Fator de forma - Ff	A/La^2
Índice de circunlaridade - Ic	4*pi*A/p^2
Densidade de drenagem - Dd	(H/A)
Coeficiente de compacidade - Cc	0.2821 P/raiz(A)
Índice de sinuosidade - Is	(L/dv)
Relação do relevo - Rs	(Ah/L)
Razão de elongamento - Re	raiz(4xA/pi)/La

O fator de forma relaciona a área da bacia com a área de um quadrado com lateral do mesmo tamanho do eixo axial da bacia. O índice de circularidade (Ic) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de igual perímetro ao dá bacia. A densidade de drenagem (Dd) relaciona o comprimento total da hidrografia com área da bacia. O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona o perímetro da bacia com o perímetro de um círculo com mesma área que a bacia. O índice de sinuosidade (Is) relaciona o comprimento do canal principal com as distância vetorial do canal principal. A relação do relevo é a razão entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do maior canal da bacia. A razão de elongamento relaciona o diâmetro de um círculo de mesma área que a bacia com o comprimento axial da bacia.

#### 3 Resultados

A figura 3 apresenta os resultados das hidrografias modeladas a partir dos MDEs. Em comparação com a malha hidrográfica do IBGE (1:50000), neste trabalho adotado como referência, em ambos os modelos houve erros consideráveis nas extremidades da malha, como pode ser observado no região sudoeste da imagem, em que ambos os modelos não estimaram um canal morro acima. Também é evidenciado na imagem a redução da acurácia do algoritmo de estimação em regiões de topografia plana. Esta redução ocorre devido ao aumento da significância do erro de estimação de altitude do MDE na modelagem da hidrografia em regiões de menor declividade, como discute Callow et al (2007). O MDEHC, devido a sua concepção, possui um desempenho melhor em áreas planas em relação ao SRTM. Salienta-se que, a metodologia de *burn stream* pode ser aplicada também ao dado de SRTM.



**Figura 3** - Hidrografias modeladas no mapa hipsiométrico da bacia: Azul claro – SRTM 30 metros, azul escuro – MDEHC e branco hidrografia do IBGE 1:50000.

A tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros morfométricos obtidos dos dois modelos digitais de elevação. Em relação aos parâmetros geométricos, o SRTM produziu maiores valores de área, perímetro e hidrografia, quando comparado MDE derivado das cartas topográficas (MDEHC). Em contrapartida, os valores de comprimento do maior curso do rio, distância vetorial entre os extremos, comprimento axial e amplitude altimétrica da bacia possuíram maiores valores para o MDE SRTM.

Os valores do fator de forma foram 0,66 e 0,64 para o MDEHC e para SRTM, respectivamente. Ambos os resultados apontam para uma alta propensão de enchentes na bacia. No entanto, o índice de circularidade (Ic) apresentou valores de 0,24, para o MDEHC, e 0,41, para o SRTM, o que indicam um bom escoamento da bacia me ambos os casos. Apesar da diferença do Ic para os dois modelos, essa não altera a característica da bacia para este parâmetro.

Tabela 2: Resultados da análise morfométrica

	MDEHC 10 m	SRTM 30 m
Área – A	6,72 km2	6,81 km2
Perímetro - P	18,62 km	14,36 km
Hidrografia - H	9,37 km	8,83 km
Maior comp - L	3,72 km	4.25 km
Distancia vetorial - dv	1.29 km	1.40 km
Comprimento axial - La	3.20 km	3.25 km
Amplitude altimetrica -Ah	186 m	216 m
Parâmetros morfométricos		
Fator de forma - Ff	0,66	0,64
Índice de circularidade - Ic	0,24	0,41
Densidade de drenagem - Dd	0,0014	0,0013
Coeficiente de compacidade - Cc	2,01	1,54
Índice de sinuosidade - Is	2,88	3,02
Relação do relevo - Rs	0,05	0,05
Taxa elongamento - Te	0,91	0,90

Os valores para o coeficiente de compacidade foram, respectivamente para o MDEHC e SRTM, 2,01 e 1,54. Valores mais próximo de 1 indicam que a bacia possui uma maior tendência a enchentes, assim sendo o MDEHC indica uma menor tendência a enchente comparado com o SRTM. Os resultados da densidade de drenagem foram semelhantes sendo 0,0014 e 0,0013 (MDEHC e SRTM), sendo em ambos os casos uma drenagem considerada pobre, que aumentando a propensão a enchentes. Para o índice de sinuosidade (Is) valores entre 1 e 2 indicam canais mais retilíneos, enquanto valores maiores que 2 indicam canais sinuosos. Por este índice a bacia possui canais sinuosos, para ambos os modelos (MDEHC – 2,88, SRTM – 3,02) indicando uma baixa tendência a enchentes.

Os dois últimos parâmetros analisados, Rs e Te, apresentaram valores semelhantes para o SRTM e o MDEHC. Para o Rs os dois modelos apresentaram um valor de 0,05. Este valor indica uma declividade baixa para bacia, deixando menos susceptível a eventos de enchentes. Entretanto o Te possui valores de 0,91 e 0,90

respectivamente para o MDEHC e SRTM. Este valor indica que a bacia é consideravelmente circular, o que a torna mais susceptível a enchentes.

#### 4 Conclusões

Este trabalho apresentou o desempenho dos MDEs SRTM e MDEHC como base para análise morfométrica da bacia do rio Quitandinha. Os resultados apresentados demonstraram limitações de ambos os modelos na modelagem da rede hidrográfica em regiões mais planas. Em relação aos parâmetros morfométricos, a diferença de resolução entre os dois modelos não alterou a classificação da bacia em relação a susceptibilidade a enchentes, no entanto os parâmetros geométricos, principalmente o perímetro e o comprimento a hidrografia apresentaram diferenças consideráveis. Dos sete parâmetros analisados quatro (Ic, Kc, Is e Rs) descreveram uma baixa susceptibilidade da bacia a enchentes, enquanto três (Ff, Dd e Te) apresentaram uma alta susceptibilidade. De forma geral ambos os modelos se apresentaram com potencial alternativa para analise morfométrica de pequenas bacias hidrográficas.

#### 5 Agradecimentos

Os autores agradecem o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE pela disponibilização dos dados e a toda comunidade de desenvolvedores de software livre que viabilizaram o software aqui usados.

#### 6 Referências

Abboud IA, Nofal RA (2017) J. African Earth Sci. 126: 58-74

Aher PD, Adinarayana J, Gorantiwar SD (2014) Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. Journal of Hydrology, 511:850–860.

Altaf S, Meraj G, Romshoo SA (2014) Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed. Environmental Monitoring and Assessment, 186(12): 8391–8412.

Ameri AA, Reza H, Cerda A (2018) Science of the Total Environment Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multi-criteria decision-making models. Science of the Total Environment, 614:1385–1400.

Callow JN, Van Niel KP, Boggs GS (2007) How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis? Journal of Hydrology, 332 (1–2):30–39

Jenson SK (1991) Applications of hydrologic information automatically extracted from digital elevation models. Hydrol. Process. 5:31–44.

Lindsay JB (2016) The practice of DEM stream burning revisited. 668: 658–668.

Oliveira AH et al (2012) Consistência hidrológica de modelos digitais de elevação (MDE) para definição da rede de drenagem na sub-bacia do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 36 (4):1259–1267

Rai KP, Narayan V, Mohan K (2017) Remote Sensing Applications: Society and Environment A study of morphometric evaluation of the Son basin , India using geospatial approach. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 7:9-20

Singh P, Gupta A, Singh M (2014) Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 17(2):111–121.

Strahler AN (1964) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow, V.T. (Ed.), Handbook of Applied Hydrology. McGraw Hill Book Company, New York, Section 4-11.

Sukristiyanti S, Maria R, Lestiana H (2018)Watershed-based Morphometric Analysis: A Review. Global Colloquium on GeoSciences and Engineerin. 118, DOI:10.1088/1755-1315/118/1/012028

Tribe A (1992) Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. J. Hydrol. 139: 263–293.

Woodrow K, Lindsay JB, Berg AA (2016) Evaluating DEM conditioning techniques, elevation source data, and grid resolution for field-scale hydrological parameter extraction. Journal of Hydrology, 540:1022–1029

# Downscaling do índice de vegetação normalizado produto do MODIS (500m) para a resolução espacial do Landsat 8 (30 m)

Rafael João Sampaio<sup>1</sup>; Gisele Dornelles Pires<sup>1</sup>; Fabrício Polifke da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

samprafael@gmail.com, gdornele@gmail.com, briciopolifke@gmail.com

Resumo — O presente estudo avalia um método de downscaling para dados do Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) obtidos pelo sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) combinados com imagens do sensor Landsat 8. As imagens Landsat 8 possui uma resolução espacial de 30m e uma resolução temporal de 16 dias, enquanto o MODIS possui resoluções de espaciais de 250, 500 e 1000 metros, coletados semanalmente ou diariamente. Desta forma ambos sensores combinados podem produzir séries históricas de NDVI com altas resoluções espaciais e temporais. Neste tudo, uma regressão linear foi utilizada para produção de imagens sintéticas com resolução espacial de 30m e temporal de 7 dias, a partir de imagens MODIS e Landsat. A aplicação do método foi realizada na bacia do rio Piabanha, através de duas cenas MODIS, produto MYD09, de datas de 25 de setembro de 2014 a 11 de outubro de 2014, e duas cenas de Landsat 8 OLI / TIRSS da mesma data. A metodologia reconhece que uma relação linear ocorre entre mapas de escala maior e menor de uma região, desde que ambos estejam nas mesmas condições atmosféricas. Assim, com as duas imagens MODIS e uma imagem Landsat 8 (25 de setembro de 2014) foi gerada uma imagem sintética do NDVI para o dia 11 de outubro de 2014. A imagem Landsat 8 de 11 de outubro foi utilizada para validar a imagem sintética. Os resultados encontram um coeficiente de determinação (R2) de 0,62. Esse valor sugere o potencial da metodologia para downscaling, visando o monitoramento contínuo do NDVI para o nível de pequenas bacias hidrográficas remotas.

Palavra Chave: sensoriamento remoto, pequena bacia hidrográfica, regressão linear

Abstract - This study evaluates a downscaling method to combination of images from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and images from Landsat 8. The images MODIS is available very often (i.d. some products is dearly like indices normalized difference vegetation –NDVI). Unlike, the MODIS the images Landsat have 16 day or longer of temporal resolution. However, Landsat satellite scenes own 30 m of special resolution, while MODIS keep 250m, 500m and 1000m. The use both images combined with downscaling method can produce a gallery with high temporal and high special resolution. The application of the method was done in Piabanha River Watershed. For this we used two scenes MODIS, product MYD09, of dates September 25/2014 and October 11/2014, and two scenes Landsat 8 OLI/TIRSS from of the same date. The methodology is based on a linear regression, acknowledging that a linear relationship occurs between larger and smaller scale maps of a region, provide that both are in the same atmospheric conditions. Thus, imagery MODIS and an image Landsat 8 (September 25/2014) was generating an image synthetic the NDVI to day October 11/2014. The image Landsat 8 of the October 11/2014 was used to validate the image synthetic. The results find a coefficient of determination (R2) of 0,62. This value suggested that the downscaling method has the potential to use in continuously monitoring NDVI for level of small watersheds.

**Keywords:**: remote sensing, small watershed, linear regression.

# 1 Introdução

Dados suas características espectrais, muitas informações podem ser regiradas sobre a vegetação a partir de sensores remotos orbitais. O principal artificio usado neste contexto são os índices de vegetação, definidos como medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, e radiação fotossinteticamente ativa absorvida (Jensen 2009). O Índice de Vegetação Normalizada - NDVI é o índice mais conhecido dentre todos os índices os de vegetação (Meneses e Almeida, 2012), sendo utilizado pela primeira vez por Rouse et al. (1973).

Com o advento de satélites como NOAA/AVHRR, SPOT/VEGETATION, TERRA/MODIS, SeaWiFS e a missão Landsat, foi possível produzir séries temporais do NDVI para a maior parte da superfície terrestre, oferecendo assim bases para uma infinidade de trabalhos ao redor do mundo. Estes englobam estudos em agricultura (Balaghi et al. 2006), estudo de biomas e ecossistemas (Barbosa et al. 2006, Beck et al. 2005; Atkinson et al., 2011), meteorologia (Grist et al. 1996; Plessis 1997), tratamento das séries históricas de NDVI (Brown et al. 2006; Gu et al. 2009; Wang et al. 2009; Hidr. et al. 2008), entre outras. As técnicas de sensoriamento remoto, no entanto, apresentam diversas limitações. Uma delas é a pobre distribuição temporal das estimativas baseadas em satélites (Mohamed et al. 2005).

O Landsat 8, por exemplo, possui uma resolução temporal de 16 dias. Conforme as circunstâncias, este intervalo pode ser ampliado, pois muitas vezes a superfície está coberta com nuvens na hora de coleta, o que torna a imagem inapropriada para utilização, aumentando assim a periodicidade dos dados (Hong et al. 2009). Sensores como o MODIS/Terra possui uma escala temporal mais refinada, com coleta de dados diariamente. No entanto, sua resolução espacial (250, 500 e 1000 metros) é consideravelmente menor que de outros sensores de média resolução, como o próprio o Landsat 8 (30m). Isto pode restringir seu uso em determinadas áreas, como é o caso de plantios agrícolas e estudos em pequenas bacias hidrográficas.

Uma alternativa apresentada para mitigar estas limitações do sensoriamento remoto são as técnicas downscaling. Downscaling é definida como um aumento da resolução espacial a partir da desagregação do conjunto de dados originais (Hong et al. 2009). Este processo de dimensionamento realiza uma restauração da variação em uma escala específica, assumindo que os valores da maior escala são a média dos valores da menor escala e que existem mais incertezas nos produtos em escala reduzida do que nos produtos de maiores escalas, pois é infinitamente grande o número possível de produtos na escala reduzida. Tradicionalmente, os procedimentos downscaling foram testados nas áreas de meteorologia e climatologia para obter informações de climas locais a partir de imagens de sensoriamento remoto com resolução grosseira (Liang 2004).

Neste contexto, o presente trabalho analisa uma metodologia simples apresentada por Hong et al. (2009) para fusão e refinamento de escalas. Duas imagens MODIS e uma imagem Landsat 8 foram utilizadas para construir uma imagem sintética do NDVI para bacia do Piabanha – RJ. A proposta apresentada visa abrir um caminho para produção de séries históricas de NDVI com resolução espacial do Landsat 8 (30m) e resolução temporal do MODIS (diário).

# 2 Materiais e Métodos

# 2.1 Imagens Landsat e MODIS

O Espectroradiômetro Imageador de Resolução Moderada – MODIS é um sensor criado por uma equipe interdisciplinar de cientistas no final dos anos noventa. Ele surgiu no intuito de suprir uma carência de dados orbitais para o monitoramento da superfície terrestre, sendo um auxiliar do sensor AVHRR. A motivação para execução deste projeto foi às mudanças drásticas e rápidas sofridas na superfície do planeta durante as décadas antecessoras (Mas et. Al 2011).

Para aplicação da metodologia foram utilizadas as imagens MODIS, cenas h13v11 e h14v11, do produto MYD09, coletadas no dia 24 de setembro e 11 de outubro de 2014. Este produto oferece dados de refletância da superfície diariamente e possuem uma resolução de 500 metros. Apesar dos produtos MYD13 e MOD13 oferecerem diretamente o NDVI, optou-se por utilizar os dados de refletância pela maior proximidade das datas de coleta das imagens Landsat, isto é, assegurar que as imagens de ambos os sensores foram coletadas nas mesmas condições atmosféricas.

O programa Landsat se constitui em uma série de sensores orbitais enumerados conforme a sequência de lançamento, iniciada em 1972. O Landsat 8, qual será utilizado neste estudo, é o último satélite dessa série, sendo lançado em fevereiro de 2013 e começando a disponibilizar dados em maio do mesmo ano (USGS 2015). É equipado com os sensores OLI (Perational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor) que produz imagens a cada 16 dias, com 8 bandas espectrais de 30m de resolução espacial. Para o presente estudo utilizou-se duas cenas órbita/pontos 217/075, coletadas no dia 25 de setembro e 11 de outubro de 2014. Uma comparação da área de estudos representadas pelas imagens MODIS e Landsat 8 é apresentada na Figura 1. Nota-se a perda de informação por conta da menor resolução espacial do MODIS.

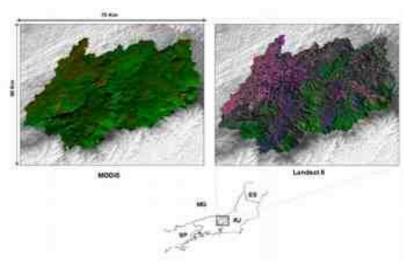


Figura 1 - Bacia do rio Piabanha representada por uma imagem MODIS(RGB - 721) e Landsat 8 (RGB - 654).

# 2.2 Área de Estudo

A bacia do rio Piabanha é uma sub-bacia do Rio Paraíba do Sul, localizada entre a Região Serrana e a Região Centro-Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Sua área é de aproximadamente 2.050 Km² e compreende os municípios de Petrópolis, Teresópolis, Areal, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, São José do Rio Preto e Três Rios. A Figura 2 representa a bacia hidrográfica do Rio Piabanha.

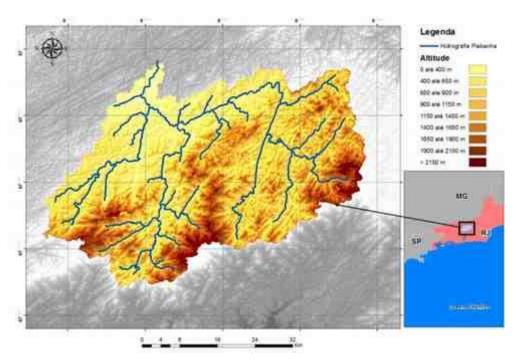


Figura 2 - Localização e representação da bacia do rio Piabanha sobre o mapa de altitude da região.

A bacia apresenta, em sua maior parte, relevo montanhoso e muito acidentado, principalmente no curso médio e superior, com a presença afloramentos rochosos e altitudes que ultrapassam os 2.000 m. As fortes restrições à ocupação dadas pelo relevo são a principal razão do nível relativamente alto de cobertura florestal natural da bacia (mais de 30 %), se comparado com a média das subbacias do Paraíba do Sul (11%). No entanto, por conta das condições de relevo e solos, além de uma elevada pluviosidade, a bacia possui uma alta vulnerabilidade à erosão em sua maior parte (Fundação COPPETEC 2010). Os tipos de solo predominantes na bacia são Latossolos, Podzólicos, Cambissolos e litossolos, ademais apresenta afloramentos rochosos nas vertentes mais íngremes.

#### 2.3 Índice de vegetação normalizada - NDVI

Apesar de uma simples relação direta entre as bandas espectrais do vermelho visível e do infravermelho próximo ser capaz de quantificar o verdor de uma imagem, pequenas variações podem estar propensas ao erro. Dessa forma, a proposta do NDVI, apresentado na Equação 1, é aumentar o contraste através da normalização dos valores (Jesen 2009).

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{ver}}{\rho_{nir} + \rho_{ver}}$$
 (1)

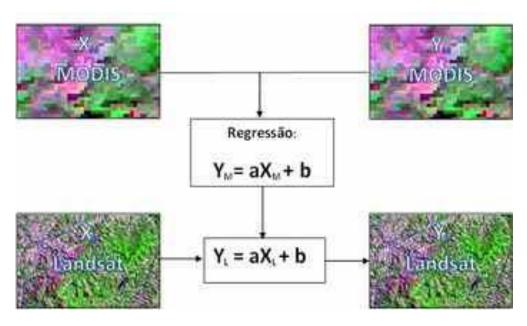
Onde  $\rho_{nir}$  é a banda espectral correspondente ao infravermelho próximo e  $\rho_{ver}$  é a banda espectral correspondente ao vermelho. Para o Landsat 8 utilizou como  $\rho_{nir}$  e  $\rho_{ver}$  as bandas 5 e 4, e para o MODIS as bandas 2 e 1, respectivamente. Teoricamente, os valores de NDVI variam de -1 a 1, sendo que os valores negativos representam lâminas de água, enquanto valores próximos a zero são solos descobertos. Valores maiores

apresentam diretamente o incremento da densidade vegetatival. Asrar et al (1984), aponta como caracteristíca NDVI sua rápida saturação, essa pecualiaridade lhe torna pouco sensível às detecções de variações no aumento da biomassa vegetal a partir de uma determinada fase de crescimento das plantas.

#### 2.4 Processos de fusão e aumento da resolução (Downscaling)

O processo de fusão e refinamento da escala consiste em usar informações contidas em dados de resoluções menores para derivar dados em resoluções maiores. Dessa forma, o total de pixels da imagem inicial aumenta, gerando uma nova imagem em que cada pixel representa uma área menor, aumentando consequentemente a resolução espacial da imagem.

Neste estudo utilizou-se a metodologia proposta por Hong et al. (2009) para o aumento da resolução dos dados do sensor MODIS(500m) para resolução do Landsat (30m). Esta metodologia tem como base um processo de regressão, admitindo que haja uma relação linear entre mapas de maior e menor escala de uma região, desde que ambas estejam em uma mesma condição atmosférica. Seguindo este princípio, aplicou-se uma regressão linear entre os dois produtos MODIS. A partir dos coeficientes obtidos, gerou-se uma imagem sintética derivada de uma cena Landsat 8. A Figura 3 resume esta metodologia.



**Figura 3** - diagrama da metodologia de downscaling utilizada:  $Y_M$  - Imagem MODIS coletada no dia 11/10/2014,  $X_M$  - Imagem MODIS coletada no 25/09/2014,  $X_L$  - Imagem Landsat 8 do dia 25/09/2014,  $Y_L$  imagem sintética para o dia 11/10/2014. A e b são constantes da regressão.

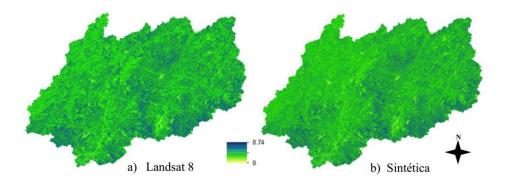
Foram utilizadas duas cenas MODIS (intervalo de 16 dias entre elas) e duas cenas Landsat 8 (intervalo de 16 dias entre elas), obtidas para as mesmas datas. É de grande importância que as imagens de ambos os sensores sejam adquiridos em um mesmo período de tempo, pois é necessário assegurar que todas as coletas possuam uma mesma condição atmosférica. As duas cenas do MODIS (500m), juntamente com a primeira cena do Landsat 8 (30m), foram utilizadas para produzir uma imagem sintética, com resolução espacial de 30 metros e data

correspondente a segunda imagem MODIS. A segunda imagem Landsat foi utilizada para validar a imagem sintética.

Para o tratamento das imagens, construção dos mapas de diferenças e das layers finais foram utilizados os *softwares* Qgis 2.8 (QGIS,2009). O cálculo do NDVI, a aplicação da metodologia, as análises estatísticas e os gráficos foram obtidos através de implementações em linguagem *python*.

# 3 Resultados

A Figura 4 apresenta os dados os mapas de NDVI da bacia do rio Piabanha – RJ para o dia 11 de outubro de 2014.



**Figura 4** - Mapas de NDVI para a bacia do rio Piabanha: a) Produzido a partir da imagem Landsat 8 coletada no dia 11/10/2014 b) Mapa sintético produzido a partir das imagens MYD09 do dia 25/09 e 11/10/2014 e da imagem Landsat do dia 25/09/2014.

Em uma análise visual da figura 4 é possível verificar uma considerável semelhança entre a imagem NDVI – Landsat 8 e NDVI sintética. Ambas representam as regiões com altos valores de NDVI na parte sudeste da bacia. No entanto, na região noroeste, algumas manchas com um valor mediano de NDVI são negligenciadas pela imagem sintética. Estas diferenças apresentam maior evidência na Figura 5, que retrata os mapas de diferença absoluta e diferença percentual.

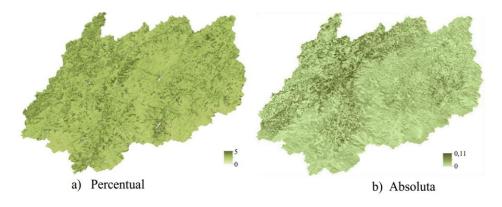
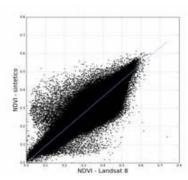


Figura 5 - Diferença percentual (a) e diferença absoluta (b) dos mapas de NDVI-Landsat 8 e NDVI sintético.

Pela figura 5 é possível identificar que as maiores diferenças percentuais ficaram próximas a 5%, e as maiores diferenças absolutas alcançaram 0,11. Em comparação com o mapa de altitudes da figura 2, percebe-se que os maiores erros se encontram nas altitudes mais baixas, onde o terreno possui menores declividades e a cobertura vegetal sofre maior ação antrópica. Isto reflete em valores de NDVI médios e baixos, como pode ser observado na figura 4, sugerindo uma acurácia reduzida do método nessas regiões.

A Figura 6 apresenta o gráfico de dispersão da imagem sintética e da originária do Landsat 8. Nota-se uma maior dispersão nos valores de NDVI entre 0,1 e 0,4, enquanto em valores menores que 0,1 e maiores que 0,5, a dispersão é menor. Estes valores corroboram com a hipótese de menor eficiência do método em regiões de pequenos a médios valores de NDVI. Também é possível notar que a dispersão é relativamente simétrica em relação à linha de tendência, sugerindo que a metodologia não é propensa a sub ou sobre-estimar sistematicamente os valores de NDVI.



Valores	NDVI		
valores	Landsat 8	Sintético	
Menor	0,0	0,0	
Maior	0,74	0,61	
Média	0,22	0,20	
Desvio	0,18	0,17	
R <sup>2</sup>	0,	62	

Figura 6 - Dispersão dos valores de NDVI

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para ambas as imagens. A imagem sintética apresentou um menor desvio padrão e subestimou o valor máximo. Entretanto, os valores médios das duas imagens estão muito próximos. O coeficiente de correlação linear — R² indica uma correlação positiva média a forte. Este resultado é próximo do valor 0,7581 encontrado por Hong et al. (2009) para o NDVI.

#### 4 Conclusão

A metodologia de *downscaling* analisada neste trabalho alcançou um resultado satisfatório, com uma correlação linear de média a forte em relação aos dados de validação. Este resultado demonstra o potencial que a técnica possui, principalmente para estudos em escalas de pequenas bacias hidrográficas, âmbito de estudo deste trabalho. Pesquisas futuras serão realizadas no intuito de construir séries históricas de dados orbitais com resolução espacial do Landsat 8 (30m) e resolução temporal do MODIS (500m). Sendo a próxima etapa analisar a eficiência da metodologia junto a algoritmos para estimação dos fluxos de energia.

# 5 Agradecimentos

O autor agradece o Serviço Geológico Americano - USGS pela disponibilização gratuita dos dados utilizados neste trabalho.

#### 6 Referências

Asrar G, Fuchs M, Kanemasu ET, Hatfield SL (1984) Estimating absorbed photos- ynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat, Agronomy Journal, 76:300-306

Atkinson PM, Dash J, Jeganathan C (2011) Amazon vegetation greenness as measured by satellite sensors overthe last decade. Geophysical Research Letters, v. 38, n.19.

Balaghi R, Tychon B, Eerens H, Jlibene M (2008) Empirical regression models using NDVI, rainfall and temperature data for the early prediction of wheat grain yields in Morocco. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 10(4):438–452.

Barbosa HA, Huete HR, Baethgen WE (2006) A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. Journal of Arid Environments, 67(2):288–307.

Beck PSA, Atzberger C, Hogda KA, Johansen B, Skidmore AK (2006) Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. Remote Sensing of Environment, v. 100(3):321–334.

Brown ME, Pinzon JE, Didan K, Morisette JT, Tucker CJ (2006) Evaluation of the consistency of Longterm NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-vegetation, SeaWiFS, MODIS, and landsat ETM+ sensors.

Fundação COPPETEC (2010) Estudos Integrados de Bacias Experimentais -Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro: Relatório Técnico Parcial 2. Rio de Janeiro. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE – UFRJ.

Grist J, Nicholson SE, Mpolokang A (1997) On the use of NDVI for estimating rainfall fields in the Kalahari of Botswana. Journal of Arid Environments, 35(2):195–214.

Gu J, Li X, Huang C, Okin GS (2009) A simplified data assimilation method for reconstructing time-series MODIS NDVI data. Advances in Space Research, 44(4):501–509

Hird JN, Mcdermind GJ (2009) Noise reduction of NDVI time series: An empirical comparison of selected techniques. Remote Sensing of Environment, 113(1): 248–258.

Hong SH, Hendrickx JMH, Borchers B (2009) Up-scaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from Landsat (30 m) to MODIS (250 m) scale, Journal of Hydrology, 370 (1): 122–138.

IEEE (2006) Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 44(7): 1787-1793

Jensen JR (2009) Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 604 p.

Liang S (2004) Quantitative remote sensing of land surfaces. Hoboken. New Jersey – EUA: John Wilcy & Sons, 562p. ISBN: 0-471-28166-2.

Mas JF (2011) Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio, Morelia, Michoacán – México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 358p

Meneses PR; Almeida T (2012) Introdução ao processamento de imagem de senso remoto. Brasília: Universidade de Brasília , 276p.

Mohamed YA, Van den Hurk, BJJM, Savenije HHG (2005) "Hydroclimatology of the Nile: results from a regional climate model", Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 2(1):319–364.

QGIS Development Team. (2009) QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. URL <a href="http://qgis.osgeo.org">http://qgis.osgeo.org</a>

Plessis WPD (1999) Linear regression relationships between NDVI, vegetation and rainfall in Etosha National Park, Namibia. Journal of Arid Environments 42(4):235–260.

Mascarenhas NDD, Correia VRM (1983) Medidas de qualidade de estimadores de proporções de classe dentro de um pixel de imagem de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Rouse JW, Hass RH, Schell, JA, Deering DW, Harlan JC (1974) Monitorin the Vernal Advancement and Retrogradation (Greenwave Effect) of Natural Vegetation. Maryland – EUA: Texas A&M University. 390p.

USGS. (2015) "Landsat 8 (L8) Data Users Handbook", Earth Resour. Obs. Sci. Cent., v. 8, n. June, pp. 97.Disponível em: http://landsat.usgs.gov/ documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf. Acesso em: 30.out.2016

Wang Q, Tenhunen J, Dinh, NQ, Reichstein M, Vesala T, Keronen P (2004) Similarities in ground- and satellitebased NDVI time series and their relationship to physiological activity of a Scots pine forest in Finland.Remote Sensing of Environment, 93(1): 225–237.

# Utilização de resíduos como meio de isolamento térmico para diminuição da taxa de envelhecimento do CBUQ

Carlos Eduardo Moreira Guarido<sup>1</sup>; Marcos André J. da S. Vieira<sup>1</sup>; Iasmin F. da Cruz Godinho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ethos Sustentabilidade e Soluções Ambientais, Rua Silva Pinto, 49 sala 720, Vila Isabel, Rio de Janeiro-RJ – Brasil CEP: 20551-190,

#### ethos@ethossustentabilidade.com.br

Resumo - O presente estudo busca um método de conservação da massa asfáltica denominada Cimento Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com a finalidade de diminuir a taxa de envelhecimento do produto no intercurso usina/aplicação no solo. O projeto visa a utilização de resíduos na confecção de placas cerâmicas, provenientes de processo cerâmico de louças sanitárias e torta do filtro da estação de tratamento industrial, aplicado ao veículo de transporte de CBUQ promovendo um isolamento térmico e redução na oxidação da massa asfáltica. Primeiramente os resíduos foram caracterizados de acordo com a NBR 10004/04, sendo considerada classe IIA – não perigoso. Os resultados mostraram que as placas confeccionadas do resíduo MIX (15% de torta de filtro prensa + 85% de resíduo do processo cerâmico) se comportaram como uma barreira, evitando o declínio mais pronunciado da temperatura, como observado para as placas confeccionadas do resíduo ARM (100% de resíduo cerâmico). A variação da MIX foi de apenas 11 °C após 24 horas de teste, uma vez que apresentou maior área superficial e superfície externa com poros abertos, conforme observado pela análise de microscópio eletrônico de varredura e testes de absorção em água. Este comportamento levaria a redução da massa asfalta oxidada, permitindo melhor estabilidade no ponto de aplicação do mesmo.

Palavras-Chave: resíduo, asfalto, oxidação, controle de qualidade, redução.

Abstract - This study adequate conservation method of the asphalt mass denominated hot bituminous cement machined, with the purpose of reducing the rate of aging of the product in the plant / soil application. The project aims at the use of waste in the manufacture of ceramic plates, from ceramic sanitary ware process and filter cake from industrial treatment plant, applied to the transport vehicle promoting a thermal insulation and reduction in the oxidation of the asphalt mass. First the waste were characterized according to NBR 10004/04, classified as class IIA - non-inert waste. The results showed that the plates made from the MIX waste (15 wt% filter-press cake + 85 wt% blending process steps) behaved like a barrier, avoiding the most pronounced decline in temperature, as observed for the prepared plates of the ARM waste (100 wt% waste ceramic). The results have shown that temperature's variation to MIX was 11 °C degree after 24 hours of testing, since it presents a larger surface area and external surface with open pores, as observed by SEM analysis and absorption testing. Thus, the ceramic plates made by the from MIX would avoids reduce both the oxidation process and the temperature drop of the asphalt mass and provide an environment of stability in the interaction between the asphalt plant and the application point of the asphalt.

Keywords: waste, asphalt, oxidation, quality control, reduction.

# 1 Introdução

A preocupação com a qualidade da malha rodoviária no Brasil e no mundo tem levado um grande número de pesquisadores a investigar a melhoria do processo, bem como a qualidade da massa asfáltica produzida.

Grandes contribuições foram feitas no sentido de se adicionar ao asfalto produtos que pudessem melhorar a qualidade e estender as propriedades do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), após a formação e aplicação da massa asfáltica, com o consequente aumento da vida útil das rodovias e da diminuição do custo de manutenção.

Paralelamente ao esforço e ao sucesso das grandes pesquisas, os órgãos regulamentadores aplicam o controle de qualidade através das normas técnicas, estabelecendo parâmetros de aceitação do produto. Entretanto, problemas quanto à vida útil do asfalto persistem e são responsáveis pelo alto índice de degradação das rodovias, acarretando prejuízos consideráveis aos usuários e aos órgãos públicos.

O presente trabalho apresenta um estudo que busca a confecção de uma barreira que evite tanto a ação do meio quanto a queda de temperatura da massa asfáltica e proporcione um ambiente de estabilidade no intercurso entre a usina e o ponto de aplicação do asfalto. A metodologia faz uso de resíduo cerâmico da produção de louças sanitárias (ARM) e torta do filtro prensa de uma estação de tratamento de esgoto (MIX), para confecção de placas que funcionem como isolante térmico e possam ser utilizadas no revestimento/cobertura do veículo transportador de asfalto. O ponto de partida para alcançar o ambiente de estabilidade envolve duas linhas distintas de trabalho, uma voltada para a modelagem do comportamento da massa asfáltica dentro do ambiente controlado e outra para o desenvolvimento de placas com resíduo cerâmico que atuem como isolante térmico.

Cimentos asfálticos endurecem não só durante as operações de mistura e aplicação, como também durante a sua vida em serviço. A compreensão dos mecanismos deste endurecimento durante a mistura e a aplicação vem de que devido às altas temperaturas, o ligante envelhece não só por causa da perda dos compostos mais voláteis como também devido às reações de oxidação que acontecem nessas temperaturas. Durante a vida em serviço as temperaturas no pavimento são muito menores do que as de mistura e aplicação, porém neste caso o processo oxidativo é considerado o principal mecanismo de envelhecimento, o que pode ser justificado, entre outros fatores, pela exposição aos raios ultravioletas (Cravo 2016).

Oliveira (2015) avaliou o potencial antioxidante do liquido da castanha de caju (LCC) para materiais asfálticos através de diferentes métodos de envelhecimento, e concluiu que o LCC causou uma leve redução da rigidez destas misturas asfálticas e que polimerizou ao ser submetido ao envelhecimento em estufa e simulado numa câmara sob pressão de ar (*Pressure Ageing Vessel* – PAV). O processo de envelhecimento mais agressivo foi o que submeteu a mistura solta ao envelhecimento em estufa durante nove dias.

Silva (2011) estabeleceu parâmetros que possibilitaram identificar o percentual de envelhecimento em cada etapa do processo e apresentou os seguintes dados: 60% envelhecimento devido as etapas de usinagem e 40% de envelhecimento devido a estocagem, transporte e aplicação do asfalto.

Dentro da enorme gama de trabalhos que apresentam os efeitos negativos da queda de temperatura e da exposição do asfalto a radiação UV, como principais mecanismos para o desenvolvimento do fenômeno de envelhecimento, fica evidente a necessidade de um controle eficaz da influência desses parâmetros no decorrer do processo de usinagem e aplicação do asfalto.

#### 2 Materiais e métodos

Para analise e performance das placas frente ao decaimento de temperatura e processo de oxidação foram realizadas algumas caracterizações, conforme descritas abaixo:

## 2.1 Caracterizações do Resíduo Cerâmico e Torta do Filtro Prensa

Os ensaios e análises de caracterização química do resíduo proveniente da torta do filtro prensa (MIX) e do resíduo cerâmico (ARM) foram realizados nos laboratórios da Empresa CAF Química, de acordo com a NBR 10004:2004 – Classificação dos Resíduos Sólidos – Lixiviado e Solubilizado, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

#### 2.2 Caracterizações dos Materiais

Os materiais foram submetidos as seguintes caracterizações:

- ✓ Testes de absorção testes de absorção em água foram realizados nas placas cerâmicas após a calcinação. As amostras secas foram pesadas e imersas em água por 24 horas a 100 ° C. A relação massa seca e massa úmida resultou no percentual de vazios.
- Técnica de microscopia de varredura (MEV): as observações de microscopia eletrônica de varredura foram feitas em um modelo Jeol JSM 7100F com uma energia de 1,31kV, com aumento de X150 e X600. Com a técnica de microscopia eletrônica de varredura equipada com espectrômetro de raios X por dispersão de energia (MEV / EDS) foi possível avaliar a morfologia da amostra, com o foco principal em identificar a estrutura microscópica, a porosidade e o tamanho médio das partículas (poro) das amostras. Em paralelo, a composição química das amostras pode ser identificada. Além disso, baseado nas imagens de amostras, o processamento de imagens computacionais foi utilizado como um método adicional de análise de amostras para medir a distribuição espacial da porosidade.

# 2.3 Caracterização do Ensaio

Para comparação do decaimento de temperatura no envelhecimento da massa asfáltica foram confeccionadas caixas dos resíduos de MIX (15% de torta de filtro prensa + 85% de resíduo do processo cerâmico) e ARM (100% de resíduo cerâmico), com as mesmas dimensões (altura, comprimento, profundidade e espessura). A massa de asfalto foi produzida em laboratório [feita a partir do mix de um percentual de cimento asfáltico de 50/70 (5,1% em massa) e agregados], de acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). A composição dos agregados foi ponderada de acordo com a faixa IV C do *Asphalt Institute* - brita 0 (13,3%), brita 1 (30,4%), pó de pedra (51,2%). Esses materiais foram macerados em um reator cilíndrico vertical a 170 °C e a massa de asfalto foi inserida nas caixas (80% do volume) na mesma temperatura, e monitoradas a temperatura interna e externa por meio de termopar. Os termopares foram conectados a um Controlador Lógico Programável (CLP) conectado ao computador, registrando a temperatura durante as primeiras 12 horas, o resultado foi coletado a cada 1 hora e, após 12 horas, o resultado foi coletado quando completado 24 horas.

#### 3 Resultados

# 3.1 Análises de Caracterização do Resíduo Cerâmico (ARM) para o Lixiviado

Foi realizado ensaio de lixiviação no resíduo de argila de acordo com a NBR 10004:2004, onde foram encontrados os resultados na tabela 1:

- a) Teor de sólidos secos 73,6%
- b) pH do extrato lixiviado obtido 5,18
- c) Tempo de lixiviação 18h
- d) Volume de líquido 1000 mL

 $\boldsymbol{Tabela~1}$  - Resultado do ensaio de lixiviação – inorgânicos

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Limite Máximo (mg/L)	LQ (mg/L)
Arsênio	nd	1,0	0,01
Bário	0,49	70,0	0,04
Cádmio	nd	0,5	0,002
Chumbo	0,039	1,0	0,006
Cromo	0,014	5,0	0,003
Mercúrio	nd	0,1	0,0005
Prata	0,003	5,0	0,002
Selênio	0,02	1,0	0,01

Não foram detectados pesticidas presentes nos resíduos, tais como: aldrin, dieldrin, diclorodifeniltricloroetano (DDT), diclorodifenildicloroetano (DDD), diclorodifenildicloroetileno (DDE), endrin, lindano, motoxicloro e pentaclorofenol.

Não foram detectados os elementos químicos orgânicos, tais como: benzeno, benzeno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, cresol total, o-cresol, m-cresol, p-cresol, 1,4-diclorobenzeno, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetileno, hexaclorobenzeno, hexaclorobutadieno, tetracloreto de carbono, tetracloroetileno, tricloro etileno, 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol.

Os resultados obtidos para os elementos ensaiados comparados com os limites estabelecidos pela NBR 1004:2004 – Anexo F, estão conformes.

# 3.2 Análises de Caracterização do Resíduo Cerâmico (ARM) para Solubilização

Foi realizado ensaio de solubilização no resíduo de argila de acordo com a NBR 10004:2004, onde foram encontrados os resultados na tabela 2:

- a) Teor de sólidos secos 73,6%
- b) pH do extrato lixiviado obtido 7,7
- c) Tempo de lixiviação 7 dias
- d) Volume de líquido 1000 mL

Tabela 2 - Resultado do ensaio de solubilização - inorgânicos

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Limite Máximo (mg/L)	LQ (mg/L)
Arsênio	nd	0,01	0,01
Alumínio	0,001	0,2	0,02
Bário	0,11	0,7	0,04
Cádmio	nd	0,005	0,002
Chumbo	0,005	0,01	0,006
Cobre	<0,002	2,0	0,002
Cromo Total	<0,003	0,05	0,003
Ferro	0,18	0,3	0,03
Manganês	nd	0,1	0,005
Mercúrio	nd	0,001	0,0005
Nitrato (expresso em N)	0,10	10,0	0,01
Prata	nd	0,05	0,002
Selênio	nd	0,01	0,01
Sódio	121,1	200	0,04
Zinco	nd	5,0	0,008

Não foram detectados os elementos químicos orgânicos, tais como: aldrin, dieldrin, diclorodifeniltricloroetano (DDT), diclorodifenildicloroetano (DDD), diclorodifenildicloroetileno (DDE), endrin, lindano, fenóis totais e hexaclorobenzeno.

Os resultados mostraram que os teores de metais pesados de interesse estão abaixo dos limites estabelecidos pela NBR, de acordo com o anexo F (lixiviação) e o anexo G (solubilização). Portanto, conclui-se que este resíduo é classificado como resíduo não inerte – classe II-A.

# 3.3 Análise de Caracterização da Torta do Filtro Prensa (MIX)

Foi realizado ensaio de caracterização no resíduo da torta de acordo com a NBR 10004:2004, em que foi classificado como resíduo não inerte – classe II-A, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Resultado do ensaio de caracterização da torta de acordo com a NBR 10004:2004.

Avaliação das Características do Resíduo	Resultado
Inflamabilidade	A amostra não apresentou a característica de
	inflamabilidade de acordo com os termos
	referidos na norma
Corrosividade	A amostra apresentou pH (Sol 5%) igual a 7,5
	não apresentando a característica corrosividade de
	acordo com os termos referidos na norma
Reatividade	A faixa de pH indicada e os componentes
	utilizados no processo produtivo indicam a
	amostra como sendo isenta da característica de
	reatividade
Toxicidade	A amostra não apresentou a característica de
	toxicidade de acordo com os termos referidos na
	norma
Patogenicidade	O resíduo não apresentou a característica de
	patogenicidade de acordo com os termos referidos
	na norma

# 3.4 Caracterização do Ensaio

O diâmetro dos poros da MIX está entre 50 μm e 80 μm. No entanto a ARM está na faixa de 10 μm. Além disso, a área total de poros obtida por análise de imagens para ARM foi de cerca de 10%, o que é menor do que a medida da área total de poros por MIX (85%). Além disso, por EDS foi possível observar que a amostra ARM apresentou composição química (não mostrada aqui), os elementos: O, Si, Al, K, na forma de quartzo, caulinita, ilita e montmorilonita. Outros elementos não foram detectados.

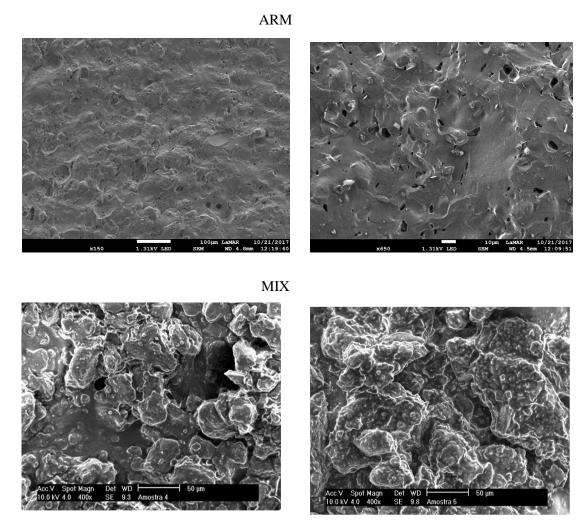


Figura 1 - Microscopia obtida por Microscopia Eletrônico de Varredura das amostras ARM e MIX.

Com relação aos resultados de absorção em água, a MIX apresentou maior índice de vazios (80%), enquanto que para a ARM menor que 10%, comprovado pelas micrografias apresentadas na figura 1. Os resultados do monitoramento das temperaturas interna e externa das caixas estão plotados na figura 2.

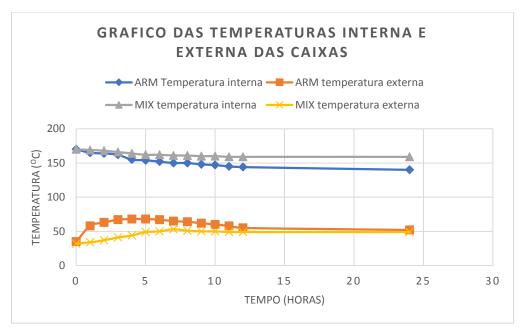


Figura 2 - Resultado do decaimento de temperatura interna e externa das placas confeccionadas por ARM e MIX.

#### 4 Conclusão

O decaimento da temperatura interna da ARM foi mais pronunciado que a MIX, variação de 30°C, enquanto que para a MIX houve uma variação de apenas 11 °C. O ganho de massa percentual presente na amostra foi maior em relação a outra. Cerâmicas, em geral, devido à presença de porosidade, não são boas condutoras de calor. Pelo comportamento do gráfico da MIX, conclui-se que a superfície externa possui poros abertos e fechados dentro da placa cerâmica, enquanto que a ARM possui poros externo e interno fechados, como mostra a figura 1.

Enfatiza-se que a sinterização é um processo termodinâmico de não-equilíbrio e a ARM possui área superficial menor que a MIX, resultando em maior densificação e contração volumétrica, como observado pelos testes de absorção. A MIX reduziu o processo de oxidação e a queda de temperatura da massa de asfalto, e proporcionaria um ambiente de estabilidade na interação entre a planta de asfalto e o ponto de aplicação do mesmo.

## 5 Referências

Asphalt Institute (2005) Asphalt Pavement Thickness and Mix Design. Lexington, KY

Associação Brasileira de Norma Técnica – ABNT (2004a). NBR 10004 – Classificação do Resíduos Sólidos – lixiviação e solubilização, Rio de Janeiro

Associação Brasileira de Norma Técnica – ABNT (2004b). NBR 10005 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, Rio de Janeiro

Associação Brasileira de Norma Técnica (2004c) NBR 10006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, Rio de Janeiro

Cravo MCC (2016) Efeitos do Envelhecimento Térmico e Fotoquímico em Ligantes Asfálticos, Mástique e Matriz de Agregados Finos, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Pavimentação IPR-79, 3 ed., Rio de Janeiro, Brasil, pp.1-278, 2006.

Oliveira LS (2015) Avaliação do potencial antioxidante do líquido da castanha de caju (LCC) para materiais asfálticos através de diferentes métodos de envelhecimento, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2015.

Silva JP (2011) Avaliação do efeito do calor e do ar no envelhecimento de ligantes asfálticos utilizando o modelo de Arrhenius, In 7º Congresso Brasileiro de Rodovias e Concessões, Foz do Iguaçu, Brasil, pp. 1-12, 2011.