

# PESQUISA OPERACIONAL NO PLANEJAMENTO DA ALOCAÇÃO DE PÁTIOS DE ESTOCAGEM DE MADEIRA

Juliana Carvalho Barbosa Ramos<sup>1</sup>, Liniker Fernandes da Silva<sup>2</sup>, Everton Luís Poelking<sup>2</sup>, Deoclides Ricardo de Souza<sup>2</sup>, Elton da Silva Leite<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Mestranda em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710 - Campus Universitário CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil

<sup>(2)</sup> Professor Adjunto, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710 - Campus Universitário CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil

[julianacarvalhoufrb@gmail.com](mailto:julianacarvalhoufrb@gmail.com), [liniker@ufrb.edu.br](mailto:liniker@ufrb.edu.br), [everton@ufrb.edu.br](mailto:everton@ufrb.edu.br), [drsouza@ufrb.edu.br](mailto:drsouza@ufrb.edu.br), [elton@ufrb.edu.br](mailto:elton@ufrb.edu.br)

**Identificação do evento:** Apresentado no IV Congresso Brasileiro de Eucalipto – 07 a 08 de agosto de 2019, Salvador/BA

**RESUMO:** As técnicas de exploração madeireira passaram por grandes mudanças nas últimas 3 décadas com o surgimento de novas tecnologias e técnicas de baixo impacto ambiental. O objetivo deste trabalho foi realizar a alocação dos pátios de estocagem em dois cenários diferentes por meio do uso do SIG, geoestatística e da pesquisa operacional para fins de mitigação dos impactos ambientais. Os dados são oriundos de inventário de prospecção (100%) da Unidade de Manejo Florestal (UMF) da Fazenda Tracajás da empresa Nova Era Agroflorestal, no município de Paragominas – PA. Utilizou-se geoprocessamento para a montagem do Modelo Digital de Exploração Florestal (MODEFLORA) com o software *ArcGis* ® 10.2, a geoestatística para identificar a distribuição espacial do volume do povoamento florestal com o *software GS + Geostatistics Software for Semivariance Analysis* ® 5.1.1 e a pesquisa operacional para o planejamento otimizado da alocação de pátios de estocagem de madeira com o software *CPLEX* ® 12.6. Os resultados encontrados permitiram caracterizar a área de exploração, bem como a distribuição espacial do estoque volumétrico e a alocação ótima dos pátios de estocagem de madeira preconizando o menor impacto ambiental possível. Foram criados 25 pátios em cada cenário com redução do tempo computacional gasto para resolução do problema no cenário 2. Concluiu-se que o SIG e a pesquisa operacional foram eficientes na otimização da alocação de pátios de estocagem, facilitou o planejamento da colheita e das fases subsequentes da exploração florestal.

**Palavra-chave:** Programação Linear Inteira, geoprocessamento, geoestatística.

## INTRODUÇÃO

O planejamento adequado das atividades de exploração florestal promove o aumento da eficiência do processo de colheita florestal, redução do desperdício de madeira e otimiza o tempo gasto com a operação de colheita (BRAZ e D'OLIVEIRA, 2001; SABOGAL, et al., 2000; BRAZ, et al., 2005; BRAZ, et al., 1998).

As pesquisas na linha da colheita florestal de precisão sinalizam para o ganho de benefícios econômicos – além dos benefícios ambientais – considerando que o produto proveniente de uma floresta manejada tem alto valor agregado. Existe uma tendência de evolução neste segmento, pois Braz et. al. (2005) apontam um recente avanço nas técnicas de Exploração de Impacto Reduzido (EIR), que são capazes de garantir a sustentabilidade do manejo florestal com a otimização do baldeio para os próximos ciclos de colheita.

O objetivo deste trabalho foi realizar a alocação dos pátios de estocagem de madeira em dois cenários diferentes por meio do uso do SIG e da pesquisa operacional para fins de mitigação dos impactos ambientais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de inventário utilizados neste estudo são provenientes de uma Unidade de Manejo Florestal (UMF) pertencente à Fazenda Tracajás da empresa Nova Era Agroflorestal, propriedade do Grupo Rosa Madeireira localizada na Amazônia Oriental (02°35'53" S e 47°47'10" O) no município de Paragominas, Estado do Pará, Brasil. Tais dados permitiram avaliar a distribuição espacial de estoque volumétrico no software *GS+* v. 5.1.1 pelo método de krigagem ordinária.

Foi obtido o modelo digital de elevação (MDE) do radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30 m, no do site da USGS – *EarthExplorer* para a determinação das condições topográficas restritivas para operação de *skidder*, processado no *software ArcGis 10.2*® e a tabulação dos dados de inventário foram feitas a partir da planilha eletrônica do *Microsoft Office Excel* v. 2013. O computador utilizado para o processamento possui sistema operacional de 64 bits, Windows 10, processador Intel® Core™ i3-4160, CPU 3.60GHz, e memória RAM de 8GB e o *software* utilizado para definir

A partir da técnica de *overlay mapping* por meio da ferramenta “Calculadora *raster*” do *ArcGis 10.2*®, foram considerados como fatores de decisão para abertura de pátios de estocagem de madeira os mesmos fatores descritos por Silva (2015) e por Martinhago (2012), como a altimetria, as áreas de preservação permanente, zonas restritivas pela declividade ou pela proximidade à áreas de preservação. Foram arbitrados valores (pesos) diferenciados para cada fator em função do grau do seu grau de interferência (CREMONEZ, et al., 2014), sendo: 0, 5 e 10 para densidade de indivíduos remanescentes baixa, média e alta respectivamente; custo 0 em áreas onde não há APP's e 10 em áreas de APP; custo 10, 5 e 0 para áreas de altitude baixa, média e alta; custo 0, 5 e 10 para áreas com altitude baixa, média e alta.

Para a alocação dos pátios de estocagem, o método de otimização trabalhado nesse estudo foi o problema clássico de localização de instalações P-Mediana (PM), na programação linear inteira (PLI), conforme Martinhago (2012) utilizando o *software CPLEX*® 12.6 e ajustada uma função objetivo (descrita na Equação 1) em que tal modelo deve minimizar o resultado do somatório das distâncias entre uma dada árvore “i” e um pátio “j” – designado pela variável “X” –, e ainda atender às seguintes restrições definidas a partir do *overlay mapping*.

$$\text{F.O.: Min}(Z) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N d_{ij} X_{ij} \quad (\text{Equação 1})$$

A Equação 1 foi aplicada em dois diferentes cenários diferentes com a finalidade de reduzir o tempo computacional para a resolução do problema, para tal foi considerado no Cenário 1 as distâncias entre cada árvore *i* e um possível pátio *j* enquanto que no Cenário 2 foi feita uma simplificação do número de indivíduos em função do seu volume por meio da média de volume de indivíduos dentro do quadrante de 50m x 50m, em que esta média representa *i* e suas respectivas distâncias até um possível pátio *j*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo os critérios preconizados por Broza et al. (2012) e considerando as vantagens citadas pelo seu estudo, foi feito o Modelo Digital de Exploração Florestal a partir da localização das árvores selecionadas para corte, a caracterização da elevação (identificação das áreas de baixada), declividade do terreno e localização das APP's e seus respectivos pátios alocados conforme a decisão imposta pelo modelo de otimização utilizado na Equação 1, como pode ser visto na Figura 1:

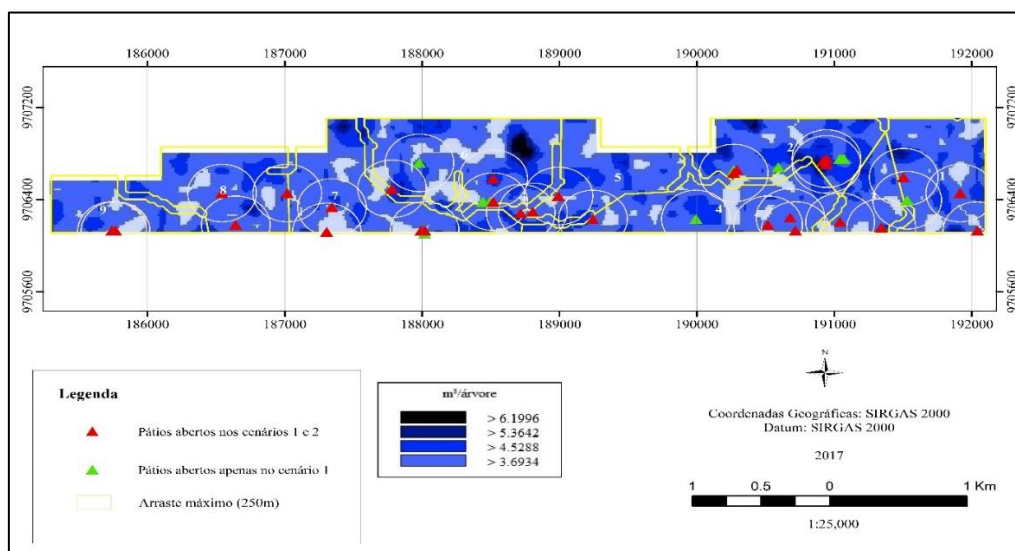


Figura 1: Pátios abertos em função das restrições impostas para redução dos impactos ambientais do baldeio.

O modelo utilizado preconizou a abertura de pátios os mais próximos possíveis dos locais com maiores estoques de madeira e, assim, minimizou a distância total de arraste respeitando a distância máxima de 250m. Desta forma, o modelo obteve resultados satisfatórios de minimização de deslocamento de cada árvore ao seu pátio correspondente na função objetivo.

Considerando o fato de que o modelo utilizado nos dois cenários não possui a restrição de distância máxima de arraste de 250 m entre uma determinada árvore  $a$  e um possível pátio  $p$  selecionado – o que compromete a operação de arraste realizado pelo *skidder* (BRAZ E D'OLIVEIRA, 2001) e constitui o gargalo deste modelo –, verifica-se a necessidade de ponderações e ajustes nesse sentido já que a adição desta restrição torna o problema intratável do ponto de vista computacional devido a complexidade e a robustez do banco de dados como já foi discutido por Martinhago (2012).

## CONCLUSÕES

A abertura de 25 pátios de estocagem de madeira foi otimizada por meio da programação linear inteira e da geotecnologia e os impactos ambientais decorrentes da instalação desses pátios foram mitigados.

A instalação dos pátios em áreas aptas (73, 94 ha), viabiliza o planejamento do arraste e empilhamento das toras bem como o planejamento de rotas de transporte.

O cenário 2 se mostrou uma alternativa viável para planejamento da alocação de pátios em áreas maiores com grande estoque de madeira.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRAZ, E. M. et al. **Plano de exploração sob critérios de manejo florestal de baixo impacto**. Embrapa - CPAF/AC. Rio Branco, p. 20. 1998. (0100-9915).

BRAZ, E. M. et al. **Colheita de precisão para o manejo das florestas naturais na Amazônia brasileira**. 7º Simpósio Brasileiro Sobre Colheita E Transporte Florestal - SIF. Vitória - ES: Sociedade de Investigações Florestais -SIF. 2005. p. 382 - 395.

BRAZ, E. M.; D'OLIVEIRA, M. V. N. **Planejamento da extração madeireira dentro de critérios econômicos e ambientais**. Embrapa. Rio Branco, p. 17. 2001. (0100-9915).

BROZA, K. T. et al. **Etapas do planejamento do projeto MODEFLORA em SIG livre**. Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal. Curitiba: FUPEF. 2012. p. 651-658.

CREMONEZ, F. E. et al. Avaliação de impacto ambiental - metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3821-3830, dezembro 2014. ISSN 2236 1308. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14689>>. Acesso em: 29 fev. 2019.

MARTINHAGO, A. Z. **Otimização para alocação de pátios de estocagem para exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais): Universidade Federal de Lavras - Lavras, 2012.

SABOGAL, C. et al. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia brasileira**. Embrapa. Belém, p. 24. 2000.

SILVA, E. F. D. **Alocação de pátios de estocagem em planos de manejo na Amazônia por meio de programação matemática**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais: Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.