

Uso do geoprocessamento para determinação de áreas com maior potencial para o cultivo do eucalipto considerando a intensidade de radiação luminosa

Thiago Rizzo Batista
Reginaldo Gonçalves Mafia

Centro de Pesquisa e Tecnologia - CPT. Aracruz Celulose S.A.
Rod. Aracruz - Barra do Riacho, Km 25. 29.197-900. Aracruz - ES, Brasil.
{trizzo, rgoncalves}@aracruz.com.br

Abstract. This work aimed to evaluate the use of geoprocessing in order to select areas with more potential to establish eucalyptus plantations function of the solar radiation. We used geoprocessing tools to identify the best sites where eucalyptus plantation can grow with maximum yield. A model that requests only two mandatory inputs was developed. These inputs are a digital elevation model (DEM), and a feature class representing local drainage and it they can be easily downloaded from Internet. From DEM, were created surfaces representing the incoming solar radiation and duration of incoming solar radiation. As restriction, a 50 meter water buffer was created respecting the legal conditions. The results showed that the model created is a good and easy tool to select area as function of the solar radiation.

Palavras-chave: radiação solar, solar radiation, eucalipto, eucalyptus, SIG, GIS.

1. Introdução

O setor florestal brasileiro encontra-se em franco crescimento, evidenciado pelo aumento do potencial fabril, com instalações de novas capacidades produtivas em diferentes regiões brasileiras, bem como pelo aumento da base florestal. Segundo dados da Sociedade Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2008), somente os investimentos do setor de celulose e papel, nos últimos 10 anos, foram da ordem de US\$ 12 bilhões. Os projetos já iniciados, ou recém implantados, representam um acréscimo no consumo de madeira da ordem de 10 milhões m³/ano. Entre 2005 e 2007, houve um acréscimo de 10,1% na área plantada com eucalipto, o que totalizou, no final do ano passado, aproximadamente 3.750.000 ha. Atualmente, além dos ganhos de produtividade obtidos com o melhoramento genético tradicional e com a adoção de técnicas adequadas de manejo, estudos tem viabilizado a otimização do uso dos recursos naturais. Como sabemos, as plantas necessitam de água, nutrientes e luz para realizar a produção primária de biomassa. Considerando estes fatores, o eucalipto tem demonstrado alta eficiência no uso da água e de luz. Almeida e Soares (2003),

por exemplo, comprovaram por meio de um estudo realizado em um microbacia experimental, que o consumo de água de uma floresta de eucalipto quando manejada para ciclos de sete anos é comparável à de uma floresta nativa, para a mesma região. Stape et al. (2002) demonstraram que plantações de eucalipto necessitam de apenas 1.2 GJ para produzir 1 kg de biomassa, em regiões com elevada disponibilidade de radiação.

A disponibilidade de luz, ou seja, de energia para os processos fisiológicos de produção primária, depende basicamente do posicionamento geográfico e do relevo do terreno. Considerando a alta eficiência do eucalipto no uso da luz e a necessidade de planejamento do uso do solo, o presente trabalho objetivou elaborar um modelo de seleção de áreas com maior potencial produtivo, considerando a radiação incidente, ou seja, de energia disponível para a produtividade florestal.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Seleção da Área e Criação dos *Grids*

Para elaboração do modelo, simulou-se a implantação de uma floresta de eucalipto em uma área de aproximadamente 50 mil ha, localizada no norte do Espírito Santo (40°25'W e 19°09'S). As informações levantadas em campo foram coletadas pela equipe da Aracruz Celulose S.A. e por empresas contratadas.

A partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE), gerado a partir de levantamentos hipsométricos em intervalos equidistantes de 5 m, foram criados *grids* representando a inclinação do terreno (*slope*) e as áreas de preservação permanente, considerando um recuo de 50 m dos corpos d'água. Com o auxílio do *software* ArcInfo 9.2[®] ferramenta "*Solar Radiation*" foram gerados os *grids* de radiação global incidente (Rg) e total de horas de incidência de radiação (NH), para a área selecionada no estudo. Os *grids* foram criados para o solstício de inverno do hemisfério sul (menores valores de Rg e NH), equinócios (valores medianos para estes dois parâmetros) e para o solstício de verão (maior intensidade de radiação e o máximo de duração do período de luz).

Com efeito restritor, utilizou-se o afastamento padrão de 50 m de todos os cursos d'água existentes (APP - área de preservação permanente), regulamentado pelo Código Florestal Brasileiro (1965) e pela Lei n° 7.803 de 18/07/1989.

2.2 O Modelo de Radiação

Para criar os *grids* de radiação incidente e de quantidade de horas de incidência de luz, empregaram-se as equações definidas por Fu & Rich (2002). O *grid* de radiação (Rg) foi

calculado através do somatório da radiação direta e radiação difusa que chegam na superfície da terra. O processo de criação dos *grids* de radiação (Rg) e de horas de incidência (NH) é denominado de *Area Solar Radiation* e faz parte da extensão *Spatial Analyst Tools*[®]. Trata-se de uma rotina que tem como objetivo criar *grids* representativos do comportamento da radiação solar a partir de um *raster* em determinada data ou intervalo de tempo, e que opcionalmente, permite a criação de *grids* detalhados da radiação direta, difusa e da quantidade de horas de incidência de radiação. Os *outputs* relacionados à incidência de radiação são expressos em WH/m².

No caso estudado, a ferramenta foi configurada para a geração dos *outputs* nos chamados dias especiais, que são os solstícios de inverno e verão, e no equinócio. Sendo assim, cada *output* escolhido gerou três *grids*, mas apenas o que representou a condição de equinócio foi utilizado como *input* da simulação.

Após criação dos *grids*, realizou-se uma classificação dos mesmos com o objetivo de padronizar os *inputs*. Para isto, foi definido uma escala de 0 (desfavorável) a 5 (favorável) para cada *input* utilizado (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação dos *grids* para padronização das variáveis selecionadas para criação do modelo

RADIACAO INCIDENTE (WH/m ²)				DURAÇÃO DE INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO (H)				APP	
MIN	MAX	CLASSE		MIN	MAX	CLASSE		CLASSE	
	< 3500	1			< 8	1	Toda APP terá restrição máxima	0	
3500	4000	2		8	9	2	O que não for APP	1	
4000	4500	3		9	10	3			
4500	5000	4		10	11	4			
	> 5000	5		11	12	5			

A figura 1 mostra o resultado final dos *inputs* utilizados no modelo após a geração e padronização, além do *grid* de inclinação (*slope*) da área estudada.

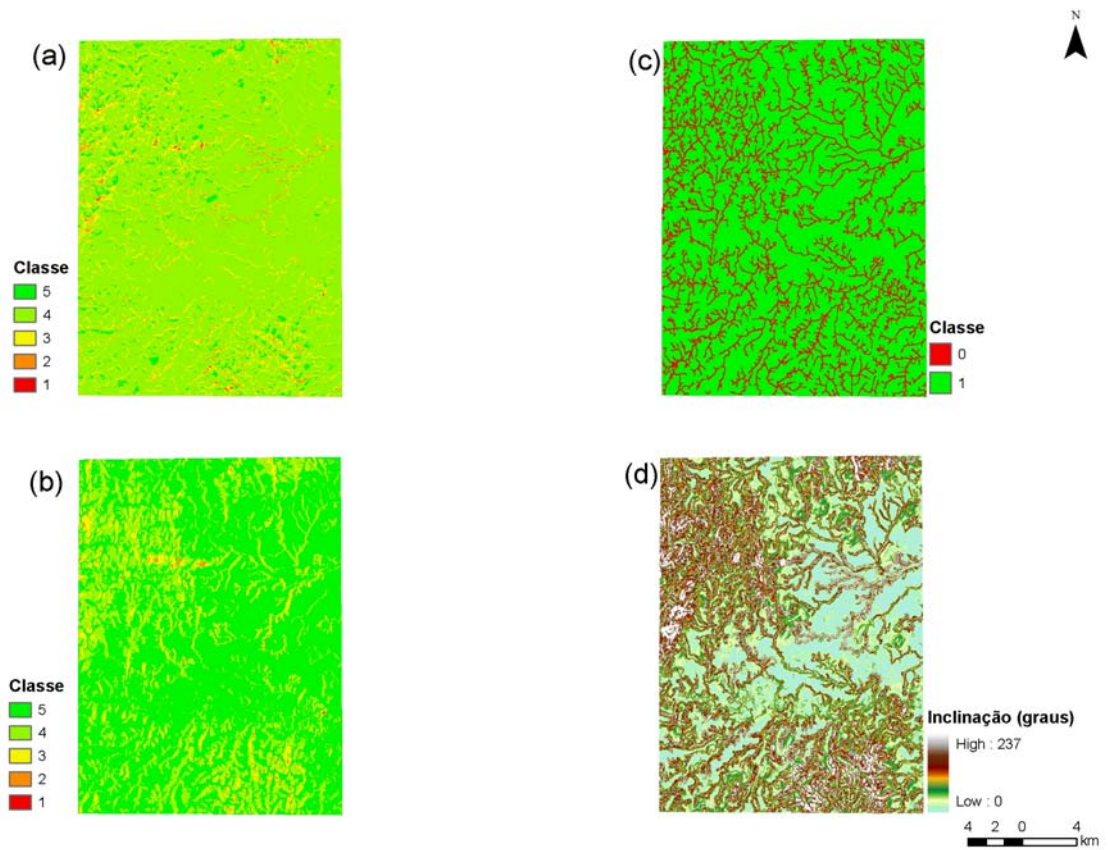


Figura 1. *Inputs* representando a incidência de radiação (a), a quantidade de horas de incidência de radiação (b), as áreas de APP (c) e a inclinação da área (d).

Após preparação dos *inputs* do modelo, foi elaborado um sistema de processamento com as operações necessárias para geração dos *grids* e padronizações. Este sistema foi criado com o objetivo de facilitar a execução do modelo proposto. Neste caso, o usuário necessita apenas dos dois *inputs* básicos (MDE e *layer* de APP), sendo que a rotina demonstrada na Figura 2 executa todos os processamentos de forma automática.

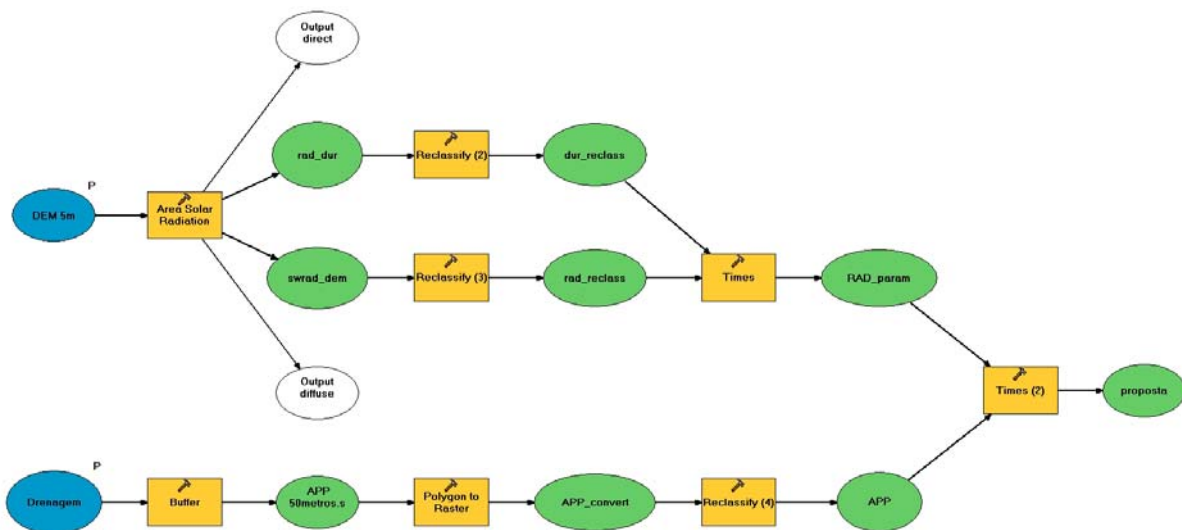


Figura 2. Sistema desenvolvido para execução automática do modelo proposto. Os *inputs* em azul são os parâmetros básicos necessários do modelo.

O cálculo necessário para definir as áreas favoráveis à implantação dos plantios foi realizado pelo produto dos *inputs* previamente gerados e padronizados. O índice final variou entre os 0 (total restrição) e 25 (plena favorabilidade).

3. Resultados e Discussão

A análise dos histogramas dos *inputs* gerados demonstrou que em relação à quantidade de radiação incidente, existe boa favorabilidade para o desenvolvimento dos plantios na área estudada, sendo que 82% da área total foi classificada com o índice 4 de favorabilidade. Em relação a duração da incidência de radiação, 64% da área está inserida na maior classe de favorabilidade.

Áreas com maior incidência de radiação solar, além de apresentar maior potencial produtivo quando à demanda fotossintética, tem menores riscos de ocorrência de doenças. Sabe-se que a intensidade e a duração da radiação solar afeta o período de molhamento foliar, que é um dos principais fatores em epidemias de doenças (Mafia et al., 2006).

Áreas com relevo acidentado apresentaram maior variação. Considerando o período do equinócio como origem dos *inputs*, deve-se considerar que essa variação será maior em determinados períodos do ano. Para demonstrar a variação em outros períodos, compararam-se os grids de quantidade de horas de incidência de radiação gerados para os solstícios de inverno e de verão. Verificam-se até 12 horas de diferença na incidência de radiação, como

demonstra a Figura 3. Estes extremos são influenciados pela maior inclinação nas áreas de relevo acidentado e pela orientação das vertentes.

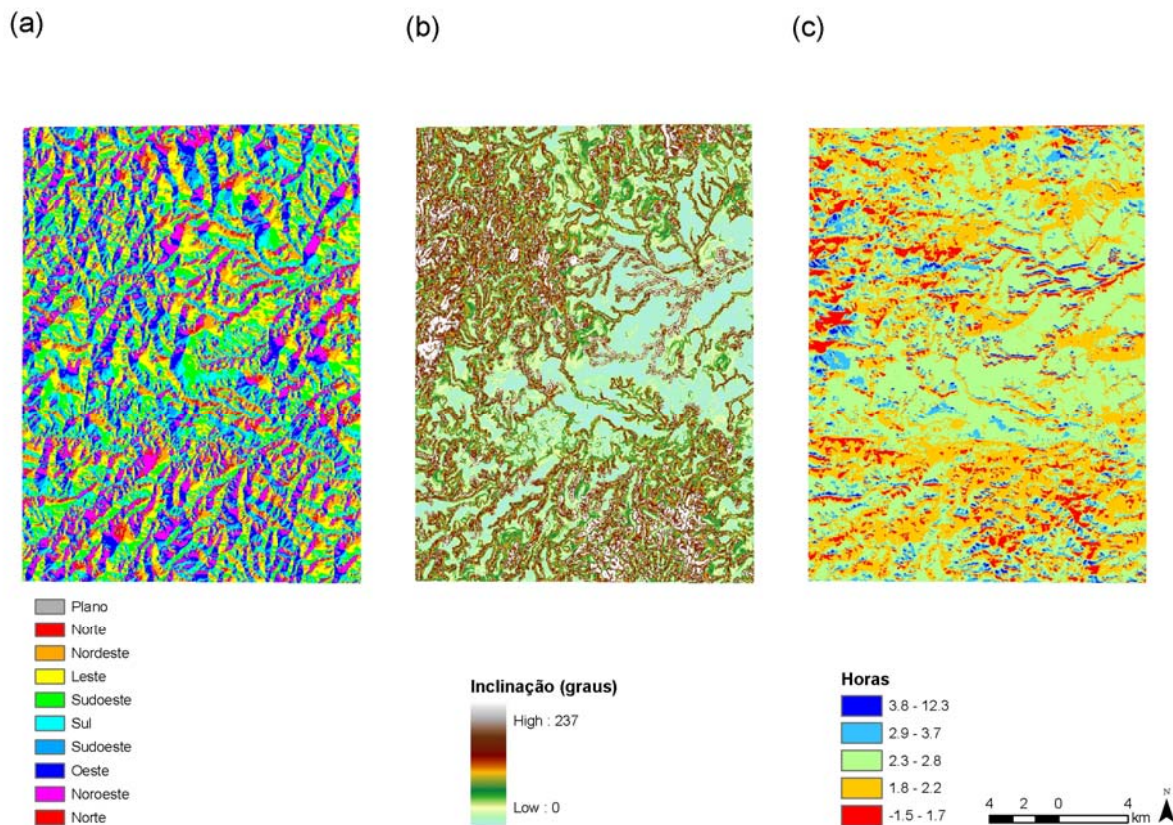


Figura 3. Orientação de vertentes (a), inclinação do relevo (b) e o efeito destas variáveis sobre a quantidade e duração do período da radiação solar incidente (c).

A tomada de decisão para a implantação de um cultivo de eucalipto envolve muitos fatores naturais e econômicos que por sua vez demandam levantamentos detalhados e custosos. Na grande maioria das vezes, as áreas de interesse para a implantação de um empreendimento de tal tipo não possuem os levantamentos e informações disponíveis para a tomada de decisão. O método de determinação de áreas com maior potencial para o cultivo do eucalipto utilizando ferramentas de geoprocessamento permite que sejam realizadas diversas simulações com os mais variados enfoques. Pode-se, por exemplo, simular o potencial produtivo da floresta de acordo com a área plantada e com a definição das características climáticas e pedológicas. Além disso, é possível determinar o grau de conservação da biodiversidade da área de interesse, utilizando conceitos de manejo de paisagem. De forma geral, observou-se que a maior parte da área estuda apresenta índice favorável para implantação de uma floresta de eucalipto, quando a radiação solar é considerando como

parâmetro de escolha (Figura 4). Todavia, em regiões com relevo mais acidentado e, dependendo da posição geográfica, espera-se maior variação na classificação.

Para a implantação de uma floresta de eucalipto deve-se respeitar uma série de restrições que vão desde aspectos legais que variam conforme a legislação local como fatores climáticos, pedológicos e operacionais. Estes fatores podem ser incorporados em modelos semelhantes desde que o conteúdo dos *inputs* respeite as suas características de favorabilidade e, ou, restrições. De acordo com a restrição de áreas de APP, observa-se na Figura 4 variações na porcentagem de aproveitamento final, dependendo da região selecionada no mapa. Sendo assim, é possível selecionar áreas considerando o aproveitamento econômico e os aspectos de conservação. As Figuras 4B e 4C demonstram estas diferenças.

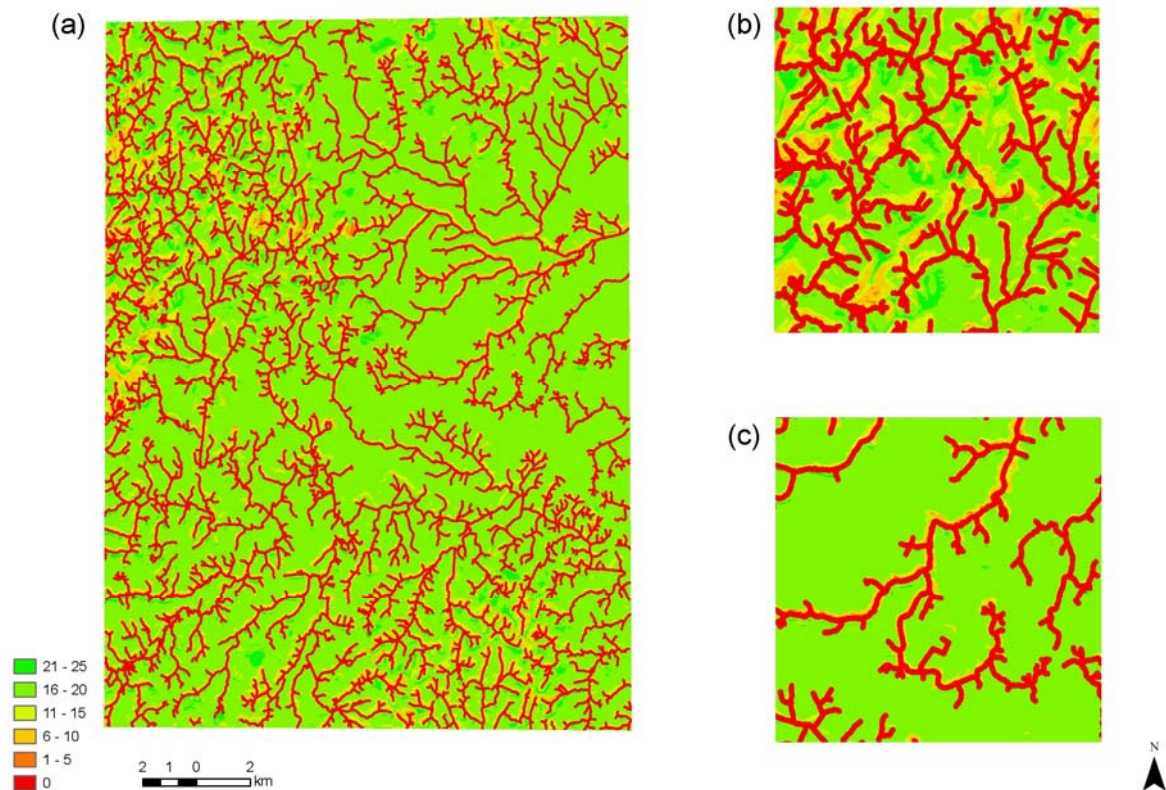


Figura 4. (a) Classes de favorabilidade de áreas para o plantio de eucalipto considerando a radiação solar incidente; (b) Região do mapa com maior e (c) menor percentual de áreas de APP.

4. Conclusão

O modelo criado para classificação de áreas com melhor aptidão para o cultivo do eucalipto, considerando a radiação solar incidente, demonstrou facilidade em seu emprego, uma vez que depende de apenas dois *inputs*. Estes *inputs* do modelo podem ser encontrados gratuitamente em sítios da *Internet*, de boa confiabilidade. Apesar de no caso descrito neste trabalho ter sido utilizado um MDE com 5 m de resolução, o modelo proposto pode funcionar com MDE de menores escalas, como o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizado pela Agência Espacial Norte Americana (NASA). A Agência Nacional de Águas (ANA) também disponibiliza em seu sítio arquivos *shape* com as redes de drenagem de todas as bacias hidrográficas do Brasil.

O resultado final demonstrou que para áreas com relevo acidentado, o modelo apresenta potencial de ganho em termos de otimização de recursos na implantação e ganhos de produtividade da floresta de eucalipto.

5. Referências Bibliográficas

ABRAF: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2007**. Brasília, 90p. 2008.

Almeida, A.C.; Soares, J.V. Comparação entre o uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**. V. 27, p.159-170, 2003.

Fu, P.; Rich, P. M. A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry. **Computers and Electronics in Agriculture** V.37. 2002. p. 25-35.

Mafia, R.G., Alfnas, A.C., Ferreira, E.M., Souza, F.L. Variáveis climáticas associadas à incidência de mofo-cinzento em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira** 31:152-157. 2006.

Stape, J.L.; Binkley; D.; Ryan; M.G.; Gomes; A. Water; light and nitrogen use efficiency in clonal *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* plantations along a climatic gradient in northeastern Brazil. In: EucProd, 11, 2002, Australia. **Anais** pp. 40-41.