

**GEOESPACIALIZAÇÃO DE UM PROJETO FLORESTAL EM  
FUNÇÃO DO VPL**  
*GEOSPATIALIZATION OF A FOREST PROJECT IN ACCORDANCE WITH  
NPV*

Getúlio Fonseca Domingues<sup>1</sup>  
Rodolfo Alves Barbosa<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional da Mata Atlântica, getulio.floresta@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa, rodolfo.ufv@gmail.com

\*Autor para correspondência

Artigo submetido em 29/05/2019, aceito em 20/08/2019 e publicado em 23/12/2019.

**Resumo:** A silvicultura é de fundamental importância para uma produção sustentável em bacias hidrográficas na região da mata atlântica. As culturas de ciclo longo contribuem para a preservação do solo devido ao diminuto número de operações durante todo o ciclo. O fomento florestal realizado por grandes empresas do setor proporciona suporte técnico e operacional à produtores rurais que desejam ingressar na atividade silvicultural. Nesse sentido, o mapeamento das áreas viáveis economicamente para implantação de um plantio florestal dá suporte ao planejamento e garantia de rentabilidade ao produtor rural. Neste trabalho é apresentada uma metodologia para obter o valor presente líquido (VPL) distribuído espacialmente ao longo de uma bacia hidrográfica em função da produtividade local e dos custos de implantação, manutenção e extração da madeira. Os resultados mostram que o mapeamento do VPL determinou as áreas economicamente viáveis para projetos florestais ao longo de uma bacia hidrográfica e o uso do geoprocessamento basilar para a sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Análise econômica; Geoprocessamento; Silvicultura; Bacias hidrográficas.

**Abstract:** Forestry is of fundamental importance for sustainable production in watersheds in the Atlantic Forest. Long cycle crops contribute to soil preservation due to the small number of operations throughout the cycle. The forestry promotion carried out by large companies in the sector provides technical and operational support to rural producers who wish to enter silvicultural activity. In this sense, the mapping of economically viable areas for the implementation of a forest plantation supports the planning and guarantee of profitability to the rural producer. This paper presents a methodology to obtain the net present value (NPV) distributed spatially along a river basin in the function of the local productivity and the costs of implantation, maintenance, and extraction of the wood. The results show that the mapping of NPV determined the economically viable areas for forestry projects along a river basin and the use of basilar geoprocessing for sustainability.

**Keywords:** Economic analysis; Geoprocessing; Forestry; Watersheds.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem participação efetiva na economia do país, contribui com mais de 9 bilhões de dólares

para a balança comercial e gerou em torno de 3,7 milhões de empregos em 2017 (IBÁ,

2019). Diante deste cenário, gênero *Eucalyptus* são os mais plantados no país devido à capacidade de adaptação dos diferentes genótipos a diversos ambientes e aos avanços obtidos na silvicultura que permitiram a obtenção de povoamentos produtivos em todo o território nacional (GONÇALVES et al., 2013; SANTOS et al., 2016; RESENDE et al., 2018). Grande parte desses plantios de eucalipto tem sido estabelecida para obtenção de madeira para produção de carvão (ELOY et al., 2016) e celulose e papel (STAPE E BINKLEY, 2010).

A indústria de celulose/papel, visando atender sua demanda por matéria prima, institui programas de fomento florestal, que promovem a integração de produtores rurais à cadeia produtiva, proporcionando-lhes condições para implantar o cultivo do eucalipto na propriedade (FISCHER, ZYLBERSZTAN 2012).

Projetos florestais com longo prazo de duração e com elevado investimentos iniciais são característicos do setor (BARBOSA et al., 2019; CHICHORRO et al., 2017). No decorrer do cultivo, a cultura está sujeita a ocorrência de incêndios, pragas e doenças. Ademais, o produtor tem de tomar a decisão sobre o investimento baseando-se no preço corrente, mesmo este sendo sujeito a variações, já que o preço futuro é desconhecido (SOARES et al., 2007).

Uma avaliação prévia que englobe as várias etapas da execução, como preparo do solo, a compra de mudas, combate à formiga, densidade de plantas, plantio e colheita é fundamental para o sucesso do empreendimento (SIMIONI, HOEFLICH, 2006; FILHO et al., 2018).

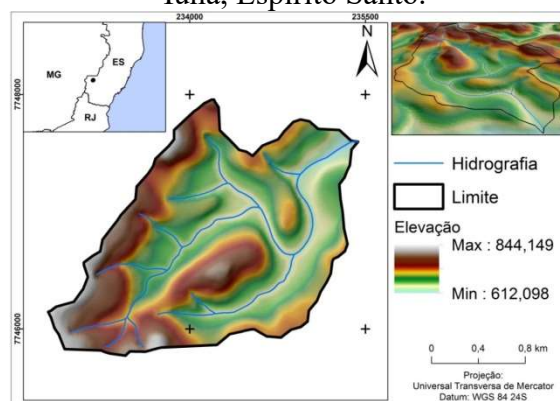
Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser utilizados para planejamento e gestão de recursos (YEMSHANOV et al., 2014; PÉREZ, 2016; AUGUSTYNCZIK et al., 2015). Esta ferramenta proporciona um ambiente computacional capaz de trabalhar com informações locais qualitativas e

quantitativas, desta forma, buscou-se integrar as informações obtidas da análise do Valor Presente Líquido (VPL) com a informação espacial. O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de espacialização de VPL, mapeando os locais onde seria viável a implantação do projeto florestal na sub-bacia hidrográfica do Córrego Bem Posta, Iúna, Espírito Santo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Córrego Bem Posta, sub-bacia do Rio Pardo, próxima a cidade de Iúna-ES, com área de 350.8 ha (Figura 1). O município de Iúna está localizado no sul do estado do Espírito Santo e compõe a microrregião do Caparaó. Possui uma área territorial de 460, 365 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 27.328 habitantes (IBGE, 2019). A Economia é baseada na agricultura, com destaque para café, feijão, milho e pecuária leiteira e de corte e produção de madeira. A bacia é localizada próxima de importantes rodovias no estado, como a BR 262 e ES 179 e ES 379.

Figura 1: Sub-bacia do Córrego Bem Posta, Iúna, Espírito Santo.

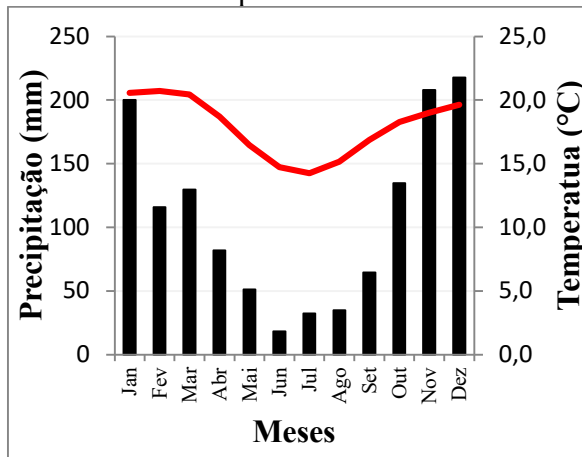


Fonte: Getúlio Fonseca Domingues; Rodolfo Alves Barbosa.

O clima da região é o Tropical de Altitude, com precipitação média de 1.288 mm/ ano, com maior concentração das chuvas entre outubro à janeiro (Figura 2). O relevo da região é fortemente ondulado, com presença de algumas montanhas

características das escarpas do planalto Brasileiro.

Figura 2: Variação temporal da precipitação (em barras) e da temperatura (linha) para o município de Iúna-ES.



Fonte: Alvares et al (2013)

A base de dados, para criação do Modelo Digital de Elevação (MDE), foi constituída pelas curvas de nível com cotas de 20 m e a base hidrográfica digital, com sentido de escoamento orientado para a foz, mapeada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala 1:50.000. Este banco de dados foi escolhido por apresentar maior precisão dentre as outras fontes disponíveis, como ASTER (células de 30 m) e SRTM (células de 30 e 90 m).

O MDE foi interpolado com a ferramenta topo to raster no software ARCGIS 10.2.2. Esta ferramenta utiliza o método de interpolação especificamente criado para a geração de modelos digitais de elevação, baseado no programa ANUDEM desenvolvido por Micahel Hutchinson (1988, 1989, 1996, 2000, 2011, apud ESRI, 2013).

A partir do MDE foi obtida a declividade para cada célula. As células do MDE, após interpolação, possuíam 10 x 10m de dimensão.

A análise econômica foi feita utilizando o VPL, de que pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa para o ano de inicial do projeto. Ou seja, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos como na equação 1.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (\text{equação 1})$$

em que:

$R_j$  = valor atual das receitas;

$C_j$  = valor atual dos custos;

$i$  = taxa de juros;

$j$  = período em que as receitas ou os custos ocorrem;

$n$  = número de períodos ou duração do projeto.

A produção de madeira ao final de seis anos foi simulada com base na função de distribuição normal, com média igual a 240 m<sup>3</sup>/ha e desvio padrão de 45 m<sup>3</sup>/ha. Sendo assim, foram simulados 200 pontos distribuídos aleatoriamente na área de estudo. Em seguida, foi realizada a interpolação dos valores com o método inverso da distância ponderada, na qual a potência utilizada no método foi igual a seis.

Os custos de implantação e manutenção dos plantios de eucalipto foram obtidos do trabalho de Carmo et al. (2011), estes autores estudaram os custos de implantação de plantios de eucalipto para regiões acidentadas no sul do estado do Espírito Santo (Tabela 1).

Tabela 1: Custos do projeto florestal.

Atividades	Fase	Ano						
		0	1	2	3	4	5	6
Atividades prévias de preparo da área	Insumo (formicidas)	13,80						
	Combate inicial a formigas	50,00						
	Construção de cercas (aquisição de material e mão de obra)	401,40						
	Roçada pré-plantio	103,50						
	Transporte de mourões	20,70						
	Construção de estrada	52,20						
	Herbicida pré-plantio (aquisição de herbicida)	52,30						
	Capina química pré-plantio (pulverizador costal manual)	88,90						
Preparo de solo	Coveamento	201,10						
	Alinhamento e marcação de covas	196,70						
	Insumo (adubo de cova)	498,20						
	Aplicação de adubo cova	44,90						
	Enchimento de covas	134,60						
Plantio	Insumo (mudas)	375,30						
	Transporte (mudas e água)	24,20						
	Plantio	67,20						
	Replantio	11,00						
	Retirada das mudas dos tubetes e transporte para cova	11,40						
Manutenção	Coroamento	97,90						
	Insumos (formicidas)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	9,60
	Aplicação de formicidas	7,80	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40
	Insumo (adubo de cobertura)	269,60						
	Insumo (adubo de manutenção)		303,20					
	Insumo (calcário)		90,40					
	Transporte de adubo	8,00	15,90					
	Aplicação de adubos	63,80	127,70					
	Herbicida pós-plantio (aquisição do herbicida)	41,80	41,80					
	Aplicação de herbicidas pós-plantio	44,70	44,70					
	Manutenção de aceiros		23,20	23,20	23,20	23,20	23,20	23,20
	Manutenção de estradas							34,00
<b>Total (R\$/ha)</b>		<b>2885,20</b>	<b>661,50</b>	<b>37,80</b>	<b>37,80</b>	<b>37,80</b>	<b>37,80</b>	<b>77,20</b>

Fonte: Carmo et al. (2011)

Os custos de colheita foram obtidos dos estudos de Leite et al. (2013) e Leite et al. (2014). Estes autores analisaram os custos envolvidos nos modais de colheita florestal Harvester e Forwarder e ajustaram modelos para estimar o custo em função da declividade e volume por árvore (Harvester) e da declividade e distância de extração (Forwarder).

Harvester em aclave:

$$CPha = 11,79 + 0,00306d^2 + 0,03592d + 66,56V^2 - 44,48V - 0,2545dV \quad (\text{equação 2})$$

Harvester em declive:

$$CPhd = 9,24 + 0,00349d^2 - 0,03493d + 44,26V^2 - 27,52V - 0,07297dV \quad (\text{equação 3})$$

em que:

CPha = custo de produção em aclave em dólares por hectare

CPhd = custo de produção em declive em dólares por hectare

d = declividade do terreno em graus

V = volume por árvore em m<sup>3</sup>

Para o custo total do Forwarder foi feita a média entre os custos de aclave e declive.

Forwarder em aclave:

$$CPfa = 1,9144 - 0,08113d + 0,00833L \quad (\text{equação 4})$$

Forwarder em declive:

$$CPfd = 2,1586 - 0,0512d + 0,00324L \quad (\text{equação 5})$$

em que:

CPfa = custo de produção em aclave em dólares por hectare

CPfd = custo de produção em declive em dólares por hectare

d = declividade do terreno em graus

L = distância de extração em metros

Para o custo total do Forwarder foi feita a média entre os custos de aclave e declive, mantendo-se fixo a distância de extração de 200m.

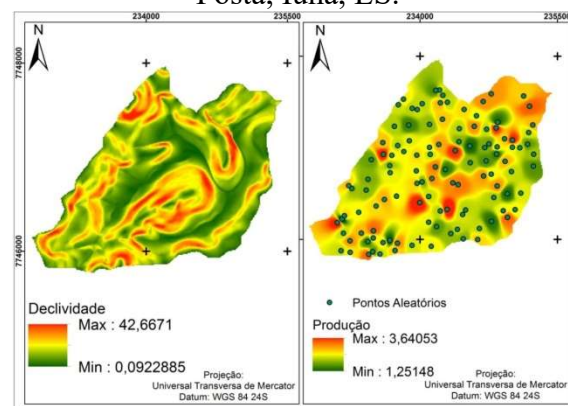
Os valores de custos de implantação, manutenção e receitas foram convertidos para dólares, utilizando um câmbio de 3,10 em relação ao real. Para a análise do VPL, a taxa de juros considerada foi de 13,65%, igual à taxa Selic observada no momento do estudo e preço da madeira em pé igual a 45 R\$/m<sup>3</sup>.

Os valores em hectares foram todos corrigidos para a área de cada célula, ou seja, ajustados para a área de 100m<sup>2</sup>. Em seguida, foi feito o cômputo do VPL para cada célula.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 apresenta a declividade derivada do MDE e a distribuição dos pontos aleatórios obtidos para representar a produção.

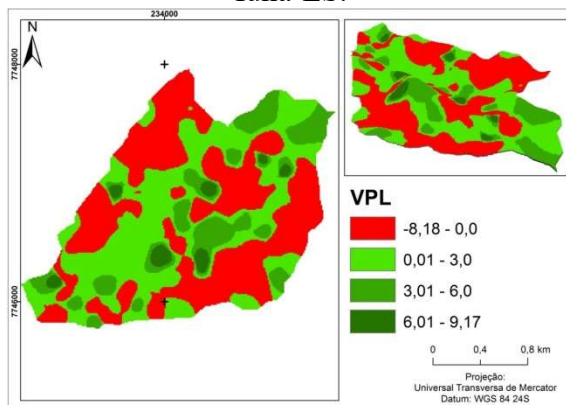
Figura 3: Mapas de declividade e produção na Bacia Hidrográfica do Córrego Bem Posta, Iúna, ES.



Fonte: Getúlio Fonseca Domingues; Rodolfo Alves Barbosa.

O cálculo do VPL representa o lucro líquido descontado para um horizonte de seis anos. Seu valor positivo indica que o projeto de investimento em questão é economicamente viável (Silva; Fontes, 2005) (Figura 4). Pode-se observar que a declividade teve correlação com a distribuição do VPL, pois influenciou na colheita do Harvester e do Forwarder. No entanto, observou-se nesse trabalho que a produção foi a variável que mais teve influência no valor do VPL.

Figura 4: Distribuição espacial do VPL na Bacia Hidrográfica do Córrego Bem Posta, Iúna-ES.



Fonte: Getúlio Fonseca Domingues; Rodolfo Alves Barbosa.

Os valores máximo, médio e mínimo obtidos nos locais de ocorrência dos VPLs positivo e negativo são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Estatísticas do VPL na Bacia Hidrográfica do Córrego Bem Posta-ES.

		Produção (m <sup>3</sup> /100m <sup>2</sup> )	Declividade (°)
<b>VPL Positivo</b>	Máximo	3,64	40,32
	Média	2,67	12,0
	Mínimo	2,34	0,16
<b>VPL Negativo</b>	Máximo	2,44	42,66
	Média	2,11	12,26
	Mínimo	1,25	0,09

Fonte: Getúlio Fonseca Domingues; Rodolfo Alves Barbosa.

A média dos valores de produção obtida para o VPL negativo é menor do que a obtida para o VPL positivo, além disso, foi possível observar que o limite máximo da produção para o VPL negativo sobrepõe o limite mínimo do VPL positivo. Tal fato mostra a influência do fator produção na viabilidade econômica do projeto.

A aplicação de ferramentas que maximizem o valor do VPL na produção florestal vem sendo utilizado em projetos florestais (PÉREZ, 2016). Augustynczyk et al., (2015) verificaram que com a aplicação de modelos de otimização possibilitaram um

planejamento espacial da colheita com otimização do VPL.

O fator declividade apresentou valores próximos, para o máximo, mínimo e a média, elucidando o fato da declividade não ter sido determinante na viabilidade do projeto, porém exercendo sua influência na elevação do custo. Burgin et al., (2018) verificaram redução na produtividade com o aumento da declividade, bem como aumentou com o incremento do volume individual por árvore.

A distribuição espacial das áreas favoráveis ao empreendimento florestal permite melhor uso do solo, proporcionando as áreas com VPL negativo a implantação de outra cultura. Assim, o mapeamento da distribuição do VPL permitiu estabelecer os locais onde deverão ser realizados os plantios de eucalipto, para assim otimizar a alocação dos recursos de forma a aumentar a rentabilidade do projeto.

Item de fundamental importância no trabalho, pois irá nortear sua discussão, inclusive poderá ser uma das primeiras partes a serem lidas pelo leitor. Portanto, a apresentação deverá ressaltar os aspectos mais importantes de seus dados, correspondentes àqueles que você fará referência e comentará na discussão. Atente-se às normas de apresentação de tabelas e ilustrações apresentadas adiante (desenhos, esquemas, fluxogramas, fotografias, gráficos, mapas, organogramas, plantas, quadros, retratos e outros).

## 4 CONCLUSÕES

A viabilidade econômica de projetos florestais necessita da completa análise dos fatores de influência, sendo assim, a análise feita no ambiente de um SIG permite a espacialização do VPL, mapeando os locais que seriam viáveis à implantação do projeto, fornecendo informações importantes para o planejamento.

A variável produção afeta significativamente o VPL, sendo determinante na viabilidade econômica do

projeto, no entanto, a declividade também aumenta o custo da colheita e em combinação com a anterior, determina os locais de viabilidade econômica.

## AGRADECIMENTOS

À Capes, ao CNPq e à FAPEMIG pelo financiamento.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, 711–728, 2013. DOI: DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507 Disponível em: em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil). Acesso em 19 de agosto de 2019.
- AUGUSTYNCZIK, Andrey Lessa Derci; ARCE, Julio Eduardo; SILVA, Arinei Carlos Lindbeck da. Planejamento espacial da colheita considerando áreas máximas operacionais. **Revista Cerne**, v.2, n.4, p.649-656, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521042006>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-7602015000400649&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-7602015000400649&script=sci_abstract&tlng=pt) Acesso em 12 de abril de 2019.
- BARBOSA, Rodolfo Alves et al.; Growth, yield and economic analysis of an eucalypt-soybean consortium: effect of the distance between tree within the row. **Revista Árvore**, v.43, n.2, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882019000200002> Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622019000200202&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622019000200202&tlng=en) Acesso em 10 de agosto de 2019.
- BURGIN, Mário Rodolfo Boff; LOPES, Eduardo da Silva; RODRIGUES, Carla. K Krulikowski. Efeito do volume individual e declividade do terreno na produtividade do harvester no desbaste de *Pinus*. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.13, n.4, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v13i4.936> Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/936> Acesso em 13 de abril de 2019.
- CARMO, Flávio Cipriano de Assis do et al. Análise de custos da implantação de cultivos de eucalipto em áreas acidentadas no sul do Espírito Santo. **Cerne**, v. 17, n. 4, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602011000400005>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602011000400005&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602011000400005&script=sci_abstract&tlng=pt) Acesso em: 12 de dezembro de 2018.
- CHICHORRO, Jose Franklim et al. Custos e índices econômicos de povoamentos de eucalipto do programa Produtor Florestal no Espírito Santo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.37, n92, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1232> Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1232>. Acesso em 10 de abril de 2019.
- E.S.R.I – Environmental Systems Research Institute. ESRI. (USA), 2013.
- ELOY Elder et al. Effect of planting age and spacing on energy properties of *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden. **Revista Árvore**. Viçosa, v.40 n.4, p.749-758, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000400019> Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622016000400749](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622016000400749) Acesso em 4 de maio de 2019
- FISCHER, Augusto; ZYLBERSZTAN, Décio. O fomento florestal como alternativa de suprimento de matéria-prima na indústria brasileira de celulose. **Revista Eletrônica**

de **Administração**, Porto Alegre, v.18, n.2, p.494-520, 2012

GONÇALVES, José Leonardo de Morais et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v.301, p.6-27, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811271200761X> Acesso em 10 de maio de 2019.

HUTCHINSON, M. F. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney, Australia, 1988. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/242529374\\_Calculation\\_of\\_Hydrologically\\_Sound\\_Digital\\_Elevation\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/242529374_Calculation_of_Hydrologically_Sound_Digital_Elevation_Models)

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, 106: 211–232, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(89\)90073-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(89)90073-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022169489900735>. Acesso em 4 de abril de 2019.

HUTCHINSON, M. F.. A locally adaptive approach to the interpolation of digital

elevation models. In Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis, 1996. Disponível em: <http://spatial-analyst.net/book/node/188> Acesso 10 de fevereiro de 2019.

HUTCHINSON, Michael F. Optimising the degree of data smoothing for locally adaptive finite element bivariate smoothing splines. **ANZIAM Journal**, v.42, p.774–796, 2000. DOI: <https://doi.org/10.21914/anziamj.v42i0.621> Disponível em: em: <https://journal.austms.org.au/ojs/index.php/ANZIAMJ/article/view/621> Acesso dia

HUTCHINSON, Michael F., XU, Tingbao; STEIN, John A. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure. In: **Geomorphometry**, California, USA p.19–22, 2011. Disponível em: <http://geomorphometry.org/system/files/HutchinsonXu2011geomorphometry.pdf> Acesso em: 8 de abril de 2019.

IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Sumário Executivo 2018. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf>. Acesso dia 12 de maio de 2019.