

**CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO DO PROGRAMA  
PRODUTOR DE ÁGUA: ESTUDOS DE CASO NO  
ALTO RIO GRANDE, MG**

**ROBERTO DE MATTOS**

**2009**

**ROBERTO DE MATTOS**

**CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO DO PROGRAMA  
PRODUTOR DE ÁGUA: ESTUDOS DE CASO NO ALTO  
RIO GRANDE, MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, área de  
concentração em Engenharia de Água e Solo, para  
obtenção do título de “Doutor”.

Orientadores:

Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva

Prof. Dr. José Luiz Pereira de  
Rezende

Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Mattos, Roberto de.

Critérios para aplicação do Programa Produtor de Água: Estudos de Caso no Alto Rio Grande, MG / Roberto de Mattos. – Lavras : UFLA, 2009.

200 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Antônio Marciano da Silva.

Bibliografia.

1. Gestão dos recursos hídricos. 2. Produtor de água. 3. Sistema de informações geográficas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.7

**ROBERTO DE MATTOS**

**CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO DO PROGRAMA  
PRODUTOR DE ÁGUA: ESTUDOS DE CASO NO ALTO  
RIO GRANDE, MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, área de  
concentração em Engenharia de Água e Solo, para  
obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 16 de fevereiro de 2009.

Prof. Dr. Afonso Henriques Moreira Santos	UNIFEI
Prof. Dr. Benedito Cláudio da Silva	UNIFEI
Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello	UFLA
Prof. Dr. José Luiz Pereira de Rezende	UFLA

Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva  
DEG/UFLA – MG  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

Ao meu pai, Israel de Mattos (in memorian), que com sua simplicidade muito me ensinou.

### **OFEREÇO**

À minha esposa Maria José, exemplo de persistência, pela paciência e compreensão das minhas ausências, em virtude da dedicação ao término deste trabalho.

### **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais Israel de Mattos (in memorian) e Maria Aparecida de Mattos, por terem me transmitido o que é demais precioso, a perseverança.

À minha esposa Maria José, pela compreensão, por estar ao meu lado nos momentos de desespero, incentivo e apoio na realização deste trabalho.

À Dona Elisa e ao Dr. Crispim (in memorian), meus pais do coração, por terem me acolhido, me mostrado outro lado da vida e, principalmente, pelos incentivos dados para o meu crescimento tanto profissional quanto pessoal.

Ao meu ídolo, mentor, inspirador, pai, amigo e irmão Adolfo Roberto Moreira Santos, pelas oportunidades, conselhos e acima de tudo pelo exemplo de profissional e ser humano.

Ao meu amigo e irmão do coração Afonso Henriques Moreira Santos, pelo apoio e incentivo dado antes e durante o período do meu doutorado e principalmente pelas oportunidades a mim oferecidas.

Ao Alexandre e Tiaguinho, irmãos do coração.

A todos da minha família tricordiana e itajubense.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva, pela amizade, compreensão, paciência e o constante apoio para que eu concluísse este trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. José Luiz Pereira de Rezende, por ter acreditado na minha proposta desde o início e por todas as orientações dadas no transcorrer deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello, pelo apoio e orientações na conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade de realização do curso.

À FAPEMIG, pelo apoio neste projeto.

Ao Departamento de Pós-graduação da Engenharia Agrícola da UFLA.

A todos os professores da Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFLA.

A todos os professores, pesquisadores e funcionários do Departamento de Hidráulica e do Grupo de Engenharia de Água e Solo da UFLA.

À Secretária da Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFLA, Daniela, pela amizade e atenção durante toda a minha permanência no doutorado.

A todos os meus colegas da pós-graduação, em especial à Katia Daniela, pelas aulas e por tudo que fez por mim durante o doutorado.

Ao pesquisador Gilberto Coelho, pelo apoio dado na realização deste trabalho.

Ao colega Gil, que apoiou este trabalho durante a sua iniciação científica.

À FUNDAÇÃO ROGE através dos seus Instituidores Carlos Rogério e Getúlio.

A todos os colegas de trabalho da FUNDAÇÃO ROGE, em especial do Núcleo Integrado de Capacitação Técnica – NICATEC, Daniela Assis, Gabriela, Michelle, Rafael, David Diniz, Ana Lúcia, Luciana, Marcelo, Deivid, Pâmella Duarte, Pamela Mattioli, Tatiane, Letícia, Tiago, Enilton, Maíra, Daniela, Thamara, Cláudia, Daniel, Demarcus, Fábio, Juliana, Valter, Carlos, Adriano, João Paulo, João Malta, Luciano, Gerson, Fernando, Luiz Fernando, Lucas, Wesley, Marcus Vinícius, Pablo, Sandra, Tiago Braga, Reinaldo.

À Iara, Bárbara e Marlene pelo grande apoio e dedicação a este trabalho.

Ao complexo turístico Serra Bonita, por ter disponibilizado a sua propriedade para ser um piloto da proposta deste trabalho.

A todos os meus colegas da IX e MS Consultoria pelo apoio, em especial ao Leopoldo Junior e Benedito.

Enfim, a todos aqueles que me apoiaram, pois num trabalho como este existem várias pessoas que colaboram direta ou indiretamente. O fato de alguns nomes não terem sido citados, não significa esquecimento, estão todos guardados no meu coração.

A todos...

**O MEU MUITO OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	iv
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	6
2.1 Arcabouço jurídico-institucional da gestão dos recursos hídricos .....	6
2.1.1 Aspectos conceituais .....	6
2.1.2 A importância da gestão dos recursos hídricos .....	10
2.1.3 A cobrança pelo uso da água .....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	64
3.1 Caracterização da área de estudo .....	64
3.2 Metodologia .....	69
3.2.1 Levantamento de dados da unidade de gestão.....	71
3.2.2 Inferência fuzzy ponderada.....	78
3.2.3. Indicador de produção de água .....	81
3.2.4 Cenários.....	82
3.2.5 Análise econômica-financeira .....	83
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	89
4.1 Resultados da bacia do ribeirão Marcela e Lavrinha.....	89
4.1.1 Aspecto qualidade .....	89
4.1.1.1 Declividade .....	89
4.1.1.2 Tipos de solo .....	91

4.1.1.3	Uso e ocupação do solo .....	93
4.1.1.4	Potencial de erosão .....	94
4.1.2	Aspecto quantidade .....	96
4.1.2.1	Precipitação .....	96
4.1.2.2	Escoamento superficial .....	102
4.1.2.3	Evapotranspiração .....	109
4.1.2.4	Potencial de armazenamento.....	116
4.1.3	Indicador de produção de água .....	123
4.1.4	Análise econômica financeira .....	135
4.1.5	Análise de sensibilidade .....	137
4.1.6	Simulação de Monte Carlo .....	139
5	CONCLUSÕES.....	156
	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	159
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	160
	ANEXOS .....	167

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Limites de escassez hídrica.....	14
TABELA 2 Valores de cobrança pelo uso da água - CEIVAP.....	15
TABELA 3 Valores de cobrança pelo uso da água - PCJ .....	16
TABELA 4 Valor do $K_{cap}$ em função da classe de enquadramento do rio. ....	23
TABELA 5 Potencial de arrecadação na bacia.....	26
TABELA 6 Valores arrecadados em 2006 e 2007.....	26
TABELA 7 Escala de valores AHP para comparação pareada.....	42
TABELA 8 Características dos bens públicos e dos bens privados.....	46
TABELA 9 Valores de Z para uso e manejo convencional ( $Z_0$ ) e conservacionista ( $Z_1$ ).....	53
TABELA 10 Valores sugeridos para pagamentos incentivados (VPI), em função do abatimento de erosão (P.A.E) proporcionado. ....	54
TABELA 11 Usos/ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	68
TABELA 12 Usos/ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.....	69
TABELA 13 Importância das classes de declividades nos processos erosivos. .	72
TABELA 14 Importância dos tipos de solos na ocorrência de processos erosivos. ....	72
TABELA 15 Importância da cobertura vegetal nos processos erosivos. ....	73
TABELA 16 Valores de albedo das principais coberturas vegetais na bacia do ribeirão Marcela.....	78
TABELA 17 Indicador de produção de água (IPA).....	81
TABELA 18 Valores estimados da terra em função de seu uso.....	86

TABELA 19	Produção e produtividade dos sistemas de produção de leite .....	87
TABELA 20	Pesos atribuídos as variáveis durante a aplicação da técnica AHP. .....	95
TABELA 21	Eventos selecionados para a sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	97
TABELA 22	Eventos selecionados para a sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.....	97
TABELA 23	Pesos atribuídos as variáveis durante a aplicação da técnica AHP. .....	116
TABELA 24	Divisão das áreas por classe do IPA – uso atual (ha) da sub-bacia do ribeirão Marcela.....	130
TABELA 25	Divisão das áreas por classe do IPA – uso atual (ha) da sub-bacia ribeirão Lavrinha.....	130
TABELA 26	Divisão das áreas por classe do IPA – cenário 1 (ha) - da sub-bacia do ribeirão Marcela.....	130
TABELA 27	Divisão das áreas por classe do IPA – cenário 2 (ha) da sub-bacia do ribeirão Marcela.....	131
TABELA 28	Divisão das áreas por classe do IPA – cenário 3 (ha) da sub-bacia do ribeirão Marcela.....	131
TABELA 29	Divisão das áreas por classe do IPA – cenário (ha) da sub-bacia do ribeirão Lavrinha.....	131
TABELA 30	Indicadores hidrológicos das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.....	134
TABELA 31	Resultados obtidos – análise econômica da sub-bacia do ribeirão Marcela.....	136
TABELA 32	Resultados obtidos – análise econômica da sub-bacia do ribeirão Lavrinha.....	137

TABELA 33 Resultados obtidos da análise de sensibilidade da sub-bacia do ribeirão Marcela.....	139
TABELA 34 Resultados obtidos da análise de sensibilidade da sub-bacia do ribeirão Lavrinha .....	139
TABELA 35 Dados para simulação de Monte Carlo – uso atual. ....	139
TABELA 36 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário 1. ....	140
TABELA 37 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário 2. ....	140
TABELA 38 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário 3. ....	140
TABELA 39 Dados para simulação de Monte Carlo – uso atual. ....	140
TABELA 40 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário. ....	140
TABELA 41 Divisão das áreas por classe do IPA escolhida – uso atual (ha)..	146
TABELA 42 Divisão das áreas por classe do IPA escolhida – cenário (ha). ...	146
TABELA 43 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 1.	147
TABELA 44 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 2.	147
TABELA 45 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 1.	148
TABELA 46 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 2.	148
TABELA 47 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Marcela – valor total outorgável. ....	150
TABELA 48 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Marcela – valor referente ao consumo de água.....	150
TABELA 49 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Lavrinha – valor total outorgável. ....	151
TABELA 50 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Lavrinha – valor referente ao consumo de água .....	151
TABELA 51 Compensação financeira da UHE Camargos/CEMIG em 2008 .	152

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Diagrama dos principais componentes do ciclo hidrológico. ....	29
FIGURA 2 Função de pertinência do subconjunto difuso distância. ....	38
FIGURA 3 Identificação geográfica das sub-bacias hidrográficas estudadas. ...	65
FIGURA 4 Modelo de elevação digital e hidrografia das sub-bacias hidrográficas Marcela e Lavrinha. ....	66
FIGURA 5 Tipos de solo das sub-bacias Marcela e Lavrinha. ....	67
FIGURA 6 Uso e ocupação do solo das sub-bacias Marcela e Lavrinha. ....	69
FIGURA 7 Fluxograma da metodologia para definição do IPA. ....	71
FIGURA 8 Estação meteorológica da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela e Lavrinhas. ....	74
FIGURA 9 Dados meteorológicos da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela (Jan a Dez/2007) e Lavrinha (Set/2006 a Ago/2007). ....	75
FIGURA 10 Definição do CN no software IPHS1. ....	76
FIGURA 11 Criação de rotinas de programação na ferramenta LEGAL, para fuzziificação das variáveis de entrada. ....	80
FIGURA 12 Ferramenta de suporte a decisão AHP. ....	81
FIGURA 13 Mapa de áreas de preservação permanente e reserva legal da sub-bacia do ribeirão Marcela. ....	83
FIGURA 14 Classes de declividade das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha de acordo com sua importância relativa aos processos erosivos. ....	90
FIGURA 15 Mapa fuzzy de declividade, no qual os valores variam de 0 a 1 para as sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha. ....	91
FIGURA 16 Mapa de classes de solo de acordo com a sensibilidade a erosão das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha. ....	92

FIGURA 17 Mapa fuzzy de tipos de solo das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha. ....	92
FIGURA 18 Mapa de importância da cobertura vegetal para os processos erosivos das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha. ....	93
FIGURA 19 Mapa fuzzy de uso e ocupação do solo das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha. ....	94
FIGURA 20 Mapa de potencial de erosão das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha. ....	96
FIGURA 21 Eventos de chuva 1 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela. ....	98
FIGURA 22 Eventos de chuva 2 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela. ....	98
FIGURA 23 Eventos de chuva 3 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela. ....	99
FIGURA 24 Eventos de chuva 4 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela. ....	99
FIGURA 25 Eventos de chuva 1 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha. ....	100
FIGURA 26 Eventos de chuva 2 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha. ....	100
FIGURA 27 Eventos de chuva 3 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha. ....	101
FIGURA 28 Eventos de chuva 4 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha. ....	101
FIGURA 29 Mapa de valores de CN da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela e do ribeirão Lavrinhas. ....	102
FIGURA 30 Mapas de escoamento superficial dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela. ....	103

FIGURA 31	Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário 1 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	104
FIGURA 32	Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário 2 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	105
FIGURA 33	Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário 3 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	106
FIGURA 34	Mapas de escoamento superficial dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.....	107
FIGURA 35	Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.....	108
FIGURA 36	Mapas de evapotranspiração dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	110
FIGURA 37	Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário 1 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	111
FIGURA 38	Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário 2 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	112
FIGURA 39	Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário 3 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.....	113
FIGURA 40	Mapas de evapotranspiração dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.....	114
FIGURA 41	Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.....	115
FIGURA 42	Mapa do potencial de armazenamento dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	117
FIGURA 43	Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário 1 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	118
FIGURA 44	Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário 2 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	119

FIGURA 45 Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário 3 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	120
FIGURA 46 Mapa do potencial de armazenamento dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.....	121
FIGURA 47 Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.....	122
FIGURA 48 Indicador de produção de água dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	124
FIGURA 49 Indicador de produção de água dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.....	125
FIGURA 50 Indicador de produção de água dos eventos do cenário 1 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	126
FIGURA 51 Indicador de produção de água dos eventos do cenário 2 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	127
FIGURA 52 Indicador de produção de água dos eventos do cenário 3 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.....	128
FIGURA 53 Indicador de produção de água dos eventos do cenário para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.....	129
FIGURA 54 Hidrograma comparativo das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.....	135
FIGURA 55 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela uso atual.....	141
FIGURA 56 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela cenário 1.....	141
FIGURA 57 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela cenário 2.....	142
FIGURA 58 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela cenário 3.....	143

FIGURA 59 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Lavrinha uso atual. ....	143
FIGURA 60 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Lavrinha cenário. ....	144
FIGURA 61 Áreas a serem incentivadas e reconhecidas nas sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha. ....	149

## RESUMO

MATTOS, Roberto de. **Critérios para aplicação do programa produtor de água:** estudos de caso no Alto Rio Grande, MG. 2009. 200p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

A criação de mecanismos para compensar financeiramente os produtores rurais por ações preservacionistas é relativamente nova no Brasil, e iniciou-se por meio da proposta da Agência Nacional de Águas (ANA), através do Programa Produtor de Água. O modelo proposto pela ANA, bem como outros modelos que estão sendo aplicados atualmente, visa oferecer ao produtor rural um valor definido de cada proponente em troca de áreas a serem reflorestadas, obtendo assim um ganho ambiental. Porém, a maior parte dos modelos propostos não observa as práticas conservacionistas utilizadas, a perda de água por evapotranspiração e nem fazem uma análise econômica da área a ser utilizada para implantação do programa. Além disso observam os produtores rurais de forma independente e não como um conjunto de propriedades que são responsáveis em sua totalidade pelo aumento ou diminuição de água na bacia. Objetivou-se com este trabalho criar critérios para a implantação do Programa Produtor de Água, ou seja, criar um mecanismo de tomada de decisão para os gestores das bacias hidrográficas. Para isto, foram utilizados dados coletados pelo Grupo de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA para as sub-bacias hidrográficas do Ribeirão Marcela e Lavrinha – Alto Rio Grande – MG. De posse dos dados e utilizando inferência fuzzy e técnicas de Análise Hierárquica Ponderada (AHP), obteve-se o Indicador de Produção de Água (IPA), do uso atual do solo e de três Cenários de uso do solo: Cenário 1 (Eucalipto e outros usos), Cenário 2 (75% de Eucalipto e 25% de Mata) e Cenário 3 (75% de Pastagem e 25% de Mata) propostos para a sub-bacia Marcela e um Cenário de uso do solo (Eucalipto e Mata) para a sub-bacia Lavrinha. O resultado das simulações demonstraram que a alteração de coberturas dos solos influenciaram a produção de água nas sub-bacias estudadas, indicando, para a sub-bacia Marcela, que a maior alteração se deu no Cenário 2 (75% de Eucalipto e 25% de Mata), onde os eventos de chuva natural 2 e 4 tiveram uma maior alteração de sua produção de água, ou seja, uma maior produção. O evento de chuva natural 3, em todas as simulações, manteve-se sem grandes alterações, destacando-se sempre como forte produção de água. Na sub-bacia de Lavrinha, o Cenário (Eucalipto e Mata) apresentou um melhor comportamento na produção de água, principalmente no evento de chuva natural 4. A relação quantidade e qualidade demonstrou que as coberturas do solo

alinhadas a um bom manejo do mesmo contribuem para a garantia da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas. Após a definição do IPA realizou-se uma análise econômica, verificando a viabilidade das composições propostas versus o uso atual. Os estudos demonstraram um risco elevado de implantação, sendo o Cenário 3(75% de Pastagem e 25% de Mata) o de maior risco e menor certeza de ser viável. A composição Uso Atual possui um risco elevado, porém apresenta a maior certeza de ser viável, 81,32%, a maior Taxa Interna de Retorno (26%) e uma relação receita/despesa de R\$ 169,42/ha. Na sub-bacia do ribeirão Lavrinha verificou-se que o uso atual apresenta um risco menor e uma certeza de 90,66% de ser viável, enquanto que a simulação do Cenário Eucalipto e Mata apresentou 83,92% de certeza de ser viável com um risco próximo ao anterior. Verifica-se que os valores estão bastante próximos. No tocante à análise econômica, o Cenário estudado apresentou uma maior taxa interna de retorno (18%) e uma relação receita/despesa de R\$ 283,66/ha. Por fim, chegou-se a um resultado na sub-bacia do ribeirão Marcela que 12,12 ha devem ser incentivados e 457,88 ha devem ser reconhecidos como produtores de água. Na sub-bacia do ribeirão Lavrinha 85,61 ha devem ser incentivados e 601,39 ha devem ser reconhecidos como produtores de água, seguindo o critério de tomada de decisão adotado neste estudo. Utilizando-se o valor médio aplicado atualmente por programas de incentivos financeiros teríamos 138,36/ha, sendo necessários portanto, aplicar nas sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha, R\$ 65.029,20 e R\$ 95.053,32 respectivamente.

---

\* Comitê de orientação: Dr. Antônio Marciano da Silva – UFLA (Orientador),  
Dr. José Luiz Pereira de Rezende e Dr. Carlos Rogério de Mello –  
UFLA (Co-orientadores)

## ABSTRACT

MATTOS, Roberto de. **Criteria for application of the water producing program:** case studies in the Alto Rio Grande, MG. 2009. 200p. Thesis (Doctorate Program in Agricultural Engineering) – Federal University of Lavras. Lavras – MG.\*

The creation of mechanisms to compensate, financially, the agricultural producers by preservation actions is very recent in Brazil, and began through the Water National Agency proposal – through the Water Producer Program. The proposed model as well as other models that are recently being applied, aims at offer to the agricultural producers a defined value by each proponent in exchange for areas to be reforested, in order to get an environmental benefit. However, the majority of the considered models doesn't emphasize the used conservations measures, the loss of water by evapotranspiration and don't perform an economic analysis of the area to be used in the program implementation, as well as they see the agricultural producers in an independent way and not as a group of housings that are responsible in its totality by the water increase or decrease in the watershed. This research aimed to create some criteria for the implementation of the Water Producer Program, that is, to create a mechanism of decision making to the watershed managers. To achieve this, it was used data collected by the Water and Soil Group of Lavras Federal University in the Marcela and Lavrinha river watershed – Alto Rio Grande - MG. Through the data and using fuzzy inference and weighted hierarchical analysis techniques – AHP, it was obtained the Water Production Indicator (WPI) of the current land use and of three proposed scenarios. The simulation results showed that the amendment of soil covers affect the watershed production, indicating that the biggest alteration was given in the second scenario (75% Eucalyptus and 25% forest), whose second and fourth events presented the biggest alteration in the water production, that is, a larger production. In the sub-basin of Lavrinha the Scenery with Eucalyptus presented a better behavior in the production of water, principally in the event 4. The third event didn't present significant changes in the simulations, always presenting a strong production of water. The relation quantity- quality has shown that the soil covers associated with a good management contribute to the water availability in the watershed. After the IPA definition it was made an economic analysis to verify the viability of proposals compositions, comparing with the current use. The studies showed a high risk for the implementation, being that the third scenario presents the highest risk and the shortest security to be viable. The

current use composition presents a relatively high risk, however, presents the biggest security to be economically feasible (81.32%), and the highest Internal Return Rate (26%) and a relation receipt-expenditure equal to R\$ 169.42/ha. In the sub-basin of Lavrinha creek the current use presented less risk and a certainty of 90.66 % of being viable, whereas the simulation of the Scenery presented 83.92 % of certainty of being viable with a risk near to the previous one. These values are quite similar. Regarding the economical analysis the study Scenery presented a bigger internal tax of return (18 %) and a relation income-expense of R\$ 283.66/ha. Finally it approached to a result in the sub basin of the Marcela creek that 12.12 ha must be stimulated and 457.88 ha must be recognized as producers of water, in the sub-basin of the Lavrinha creek 283.66 ha should be stimulate and 403.34 ha recognized as producers of water. If the middle value of 138.36/ha were used it would be necessary to apply in the sub-basins of the Marcela creek and Lavrinha creek, R\$ 65.029,20 and R\$ 95.053,32 respectively.

---

\* Adviser Committee: Dr. Antônio Marciano da Silva – UFLA e Dr. José Luiz de Rezende – UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

*'Como podeis comprar ou vender o céu, a tepidez do chão? A idéia não tem sentido para nós. Se não possuímos o frescor do ar ou o brilho da água, como podeis querer comprá-los?'*  
(Manifesto do Chefe Seattle)

De acordo com a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no seu Art 1º, item II estabelece que –“a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”. Esta afirmação demonstra a importância de se estabelecer mecanismos que possibilitem a preservação deste recurso, por sua vez limitado. Não basta apenas estabelecer regras para utilizá-lo racionalmente, mas sim criar instrumentos que incentivem ao máximo sua permanência na região onde é coletada. O ambiente físico ideal para implementar esta política de gestão é a bacia hidrográfica, pois ela possui uma superfície terrestre delimitada por divisores de água e características biogeofísicas e sociais integradas.

A Política Agrícola, (Lei 8.171 de 17/01/1991), já caracterizava a proteção do meio ambiente como um de seus objetivos, apresentando em um de seus capítulos, dedicado ao tema, que o Poder Público (federação, estados e municípios) deve disciplinar e fiscalizar o uso racional do solo, da água, da fauna e da flora, realizar zoneamentos agroecológicos para ordenar a ocupação de diversas atividades produtivas (inclusive instalação de hidrelétricas), desenvolver programas de educação ambiental, fomentar a produção de mudas de espécies nativas, entre outros. Este contexto reforça a importância das bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento, uso, conservação e recuperação dos recursos naturais.

Partindo do pressuposto que a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento, conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, principalmente no que se refere à produção de água, termo este usado por diversos estudiosos no assunto, pode-se considerar que as mesmas estão ocupadas por propriedades rurais, que devem ser tratadas como componentes fundamentais na gestão dos recursos hídricos. Conforme definido por Valente & Gomes (2003), as sub-bacias devem funcionar como corporações de produtores rurais e as bacias principais como corporações de sub-bacias. O princípio das corporações evita que a propriedade rural seja considerada isoladamente como produtora de água. Neste contexto a produtora de água será sempre a bacia hidrográfica, que por sua vez pode até estar dentro de uma única propriedade rural, ou até mesmo uma bacia hidrográfica de grande porte ser subdividida por várias unidades de gestão, seguindo o princípio de descentralização da gestão, pois quanto maior a proximidade com os usuários, melhor será a eficiência dos programas.

Portanto, não basta apenas considerar o produtor de água como um mero integrante do Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos, mas sim criar instrumentos que quantifiquem o valor de sua contribuição para o aumento da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica em que ele está inserido. Várias práticas conservacionistas podem ser incentivadas, como manejo adequado do solo, proteção de nascentes e topos de morro, melhorias nas estradas rurais, técnicas que possibilitem uma maior infiltração da água de chuva no solo, entre outras ações que atuam na regularização temporal do escoamento da água na bacia hidrográfica.

Em 2003 foi proposto pela Agência Nacional de Água (ANA) um modelo que trata do "Programa Produtor de Água". Este programa relaciona as questões sociais e ambientais existentes em propriedades rurais de uma bacia hidrográfica. Além disso, este programa tem como objetivo a contenção da

denominada "poluição difusa", nos dias atuais considerada como uma grande ameaça aos recursos hídricos tanto no Brasil quanto no mundo. O programa retrata o início do cálculo de possíveis compensações financeiras por benefícios ambientais gerados em função de mudanças do padrão de uso do solo, voltado à proteção dos recursos hídricos.

A iniciativa de criar o "Programa Produtor de Água" é bem nova no que se refere a instrumentos de gestão dos recursos hídricos. Este programa é voluntário e flexível. Conforme Chaves et al. (2004), os critérios desenvolvidos na elaboração do programa são os valores da compensação financeira suficientes para: i) atrair produtores para o programa; ii) alcançar a meta de abatimento de erosão e sedimentação pretendida; e, iii) serem iguais e/ou inferiores ao custo de implantação e operação do manejo e/ou prática conservacionista proposta, buscando não caracterizar-se como subsídio agrícola. Portanto, o "Programa Produtor de Água" considera o fator erosão da área agricultável referente ao uso do solo realizado. Este programa prevê compensações financeiras para a diminuição das taxas de erosão por meio da utilização de práticas conservacionistas em áreas agrícolas, para determinadas culturas e práticas realizáveis. Um aspecto que não foi contemplado neste programa é a presença de áreas florestais nas propriedades, pois não há valores explicitados para a manutenção de florestas naturais. Mas, de acordo com Pellizzetti (2007), manter a cobertura florestal natural deveria ser considerada uma prática conservacionista de grande relevância e, como tal, deve ser compensada. A cobertura florestal é de grande relevância para a regulação do regime hídrico numa bacia hidrográfica e contribui no processo de "produção" de água propriamente dito por meio do favorecimento da infiltração da água da chuva, minimizando os processos erosivos e abastecendo os aquíferos.

Diante do exposto, faz-se necessário criar instrumentos que possibilitem quantificar os benefícios resultantes das ações dos produtores rurais que

concorrem para a regularização da oferta temporal de água e conseqüente aumento da disponibilidade hídrica no contexto de uma bacia hidrográfica. Esta foi a linha de ação deste trabalho: desenvolver um modelo que permita demonstrar o potencial de contribuição dos produtores de água em uma determinada bacia hidrográfica, por meio da avaliação de um balanço financeiro, associando custos e benefícios das atividades produtivas que envolvem a água como insumo, permitindo, desta forma, que as práticas conservacionistas sejam incentivadas por meio de recursos financeiros.

Portanto, os principais objetivos desta pesquisa foram: quantificar os benefícios das ações nas unidades de gestão; definir critérios para o Programa Produtor de Água; definir um Indicador de Produção de Água (IPA) para a Tomada de Decisão.

Este trabalho foi realizado nas bacias hidrográficas do Ribeirão Marcela, situado nas proximidades da comunidade de Jaguara, município de São João Del Rei e Nazareno, MG e Ribeirão Lavrinha, que deságua diretamente no Rio Grande. Estas sub-bacias estão inseridas na Unidade de Planejamento denominada (GD1), localizada no Alto Rio Grande e além disso, contribuem para a formação do reservatório da UHE de Camargos/CEMIG, MG.

O Grupo de Pesquisa de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA) vem desenvolvendo vários projetos de pesquisa nestas sub-bacias. Um destes projetos foi financiado pela FAPEMIG (CAG 117/03) e o outro pela CEMIG/ANEEL –(P&D 176) e na parte final pela FAPEMIG (CAG 119/05), do qual originou a presente Tese.

Portanto busca-se com este trabalho demonstrar as seguintes hipóteses:

- O incentivo financeiro aos produtores de água permitirá uma maior conservação do solo e, conseqüentemente, aumento na disponibilidade de água;

- É possível desenvolver um critério técnico-econômico simples para aplicação do Programa Produtor de Água, aplicando-se técnicas de simulação computacional.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O presente capítulo tem como propósito trazer, a partir de uma revisão bibliográfica, os principais temas a serem utilizados como subsídios técnicos no trabalho. Neste aspecto buscou-se apresentar em primeiro momento a situação Jurídico-Institucional da Gestão dos Recursos Hídricos, desde sua importância até a implantação de seus instrumentos, como a cobrança pelo uso da água. Em seguida apresenta uma breve descrição da importância da modelagem hidrológica dos conjuntos fuzzy ou conjuntos nebulosos que têm sido utilizados como ferramenta de suporte para tomada de decisão, através do fuzzy ponderado. Posteriormente são apresentados os principais mecanismos de valoração de danos e benefícios ambientais, e por fim tratam do programa produtor de água, conceitos, importância e aplicações.

### **2.1 Arcabouço jurídico-institucional da gestão dos recursos hídricos**

#### **2.1.1 Aspectos conceituais**

A água é um recurso natural renovável de origem mineral, fundamental não só para a manutenção da própria vida, como também para todas as atividades desenvolvidas pelo ser humano (Leal, 1998).

Há alguns anos, a água de mananciais, por ser um recurso natural constantemente renovável e estocável, era tida como um bem livre oferecido abundantemente pela natureza e, por isto, sem valor econômico. Os argumentos utilizados para classificar a água como bem livre eram a abundância de chuvas e a sua constante renovação na natureza, além da existência de rios caudalosos e perenes, grandes lagos naturais e artificiais, bem como a disponibilidade de imensas quantidades de água no subsolo (Carrera-Fernandez & Garrido, 2002).

Conforme Setti et al. (2002), o uso e a importância da água nunca foram preocupação da população brasileira. Já em tempos mais recentes, esta situação se inverteu devido ao aumento de debates, programas de televisão e notícias nos jornais enfocando sempre os aspectos da gestão das águas, que torna-se nos dias atuais assunto de altíssima relevância, pois a água, sempre considerada elemento inesgotável, passou a receber tratamento mais atento. O crescente esgotamento dos recursos naturais no planeta e o aumento populacional levaram este precioso líquido a tornar-se cada vez mais disputado.

De acordo com Shiva (2006), a água é considerada a matriz da cultura, a sustentação da vida. A água tem papel central no bem-estar material e cultural das sociedades por todo o mundo. Porém, conforme este autor, tal recurso está sob ameaça. A crise da água é o sinal mais difuso, mais severo e mais invisível da devastação ecológica da Terra. Em 1998, vinte e oito países passaram por escassez ou falta d'água. De acordo com alguns especialistas, espera-se que este número cresça para cinquenta e seis países em 2025. Entre 1990 e 2025, estima-se que o número de pessoas vivendo em países sem água suficiente terá um aumento de cento e trinta e um milhões para oitocentos e dezessete milhões. A Índia, por exemplo, pode ser um país com falta de água muito antes de 2025.

Existem diferentes estimativas de disponibilidade de água no globo terrestre e no Brasil. Em diversos casos os valores são discrepantes, pois derivam de abordagens distintas e realizadas com base em informações diferentes. Entretanto, cabe ressaltar que a ordem de grandeza apresentada é a mesma, permitindo que sejam realizadas reflexões importantes sobre o assunto, sem que haja questionamentos ou comparações sobre as diversas fontes. O objetivo não é apresentar valores definitivos, mas confrontar disponibilidades e demandas hídricas em escalas locais ou regionais, e avaliar os problemas de escassez nestas mesmas escalas (Lanna, 1999).

Não se pode considerar este volume totalmente como disponibilidade, pois são as precipitações sobre o planeta que, na maior parte, podem disponibilizar um fluxo de água renovável atendendo os fluxos de demandas humanas e ambientais. Anualmente cerca de 110.000 km<sup>3</sup> de água são precipitados sobre os continentes, dos quais cerca de 70.000 km<sup>3</sup> evaporam retornando à atmosfera e 40.000 km<sup>3</sup> se repartem entre escoamento superficial e subterrâneo, aproximadamente numa proporção de 70% e 30% respectivamente. Portanto estes 40.000 km<sup>3</sup> representam, em média, o limite máximo renovável num ano, no mundo. A parcela que vai para os aquíferos subterrâneos alimentará os cursos d'água superficiais na estiagem.

Tais valores, agregados globalmente, não representam a situação espacial encontrada, em termos de disponibilidade e de demanda de água. A disponibilidade renovável de água é estimada pela diferença entre as precipitações e as evaporações médias anuais (Lanna, 1999).

Segundo Leal (1998), a distribuição dos recursos hídricos não é uniforme, nem espacialmente, nem temporalmente. As condições climáticas, variando dentro do ano e ao longo do tempo, possibilitam ocorrências naturais de situações extremas como enchentes e secas, as quais podem ser agravadas ou reduzidas pela ação antrópica. Estas situações são agravadas pela impermeabilização do solo, desflorestamento e outras ações deletérias, e por outro lado, reduzidas por meio de diques de proteção, reflorestamento, técnicas de irrigação e outras ações.

Dia a dia aumenta a demanda mundial por água de boa qualidade, a uma taxa superior à sua renovação pelo ciclo hidrológico. Existe consenso sobre isso previsto nos meios técnicos e científicos internacionais. Realmente o consumo mundial de água teve um crescimento de mais de seis vezes entre 1.900 e 1.995, representando mais do que o dobro da taxa de crescimento da população, e

continua a crescer aceleradamente com a elevação do consumo dos setores agrícola, industrial e residencial (WMO, 1997 apud Freitas, 1999).

Apesar das fontes hídricas serem abundantes, elas são mal distribuídas na superfície do planeta. As retiradas são tão elevadas em algumas áreas em comparação com a oferta, que a disponibilidade superficial de água está sendo reduzida e os recursos subterrâneos rapidamente esgotados. Este tipo de situação causa diversas limitações para o crescimento de diversas regiões, restringindo o atendimento às necessidades humanas e degradando ecossistemas aquáticos. Caso não haja ações enérgicas para a melhoria da gestão da oferta e demanda d'água, a situação global das reservas hídricas tende consideravelmente a piorar cada vez mais.

A água possui várias atribuições no atendimento às necessidades ligadas diretamente aos processos biológicos de todos os seres vivos: serve como matéria-prima para irrigação e produção de alimentos; para a indústria; para a geração de energia e ainda via de transporte; é meio receptor de resíduos, além de ser utilizada para atividades de lazer, entre outras funções. De maneira geral, estas utilizações trazem diferentes efeitos ao meio hídrico, muitas vezes nocivos, levando a modificações de seus atributos (carência ou excesso de água, poluição e contaminação, efeitos na sazonalidade).

Além desses usos diretos, existem outros usos que também podem interferir fortemente com o meio hídrico, direta ou indiretamente, causando efeitos primários e secundários deletérios se forem praticadas ações inadequadas. Exemplos a respeito podem ser observados no desmatamento de uma bacia, o que modifica o equilíbrio do ciclo hidrológico, alterando tanto as proporções de água infiltrada ou escoada quanto a velocidade desse escoamento, levando às modificações no regime e diminuindo a recarga dos aquíferos subterrâneos. Tais fenômenos podem aumentar a erosão do solo com carreamento de sedimentos para os cursos d'água, além de diminuir a

capacidade de absorção de poluentes devido às alterações do regime (Leal, 1998).

Nota-se que todos os pontos aqui analisados conduzem para uma necessidade de se ter uma Gestão dos Recursos Hídricos que possa equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado dos recursos em benefício da sociedade.

### **2.1.2 A importância da gestão dos recursos hídricos**

Com a crescente escassez d'água e a saúde humana gravemente atingida pela aceleração da contaminação deste recurso, especialmente em regiões de urbanização intensa, seguida na mesma proporção pela competição deste recurso, torna-se de extrema importância uma Gestão que equacione as questões de escassez e otimize o uso deste recurso e contribua para uma maior disponibilidade de água.

Conforme Setti et al. (2002), a melhor forma de se ter acesso aos recursos hídricos é por meio de uma boa gestão e de adequado processo político. Portanto, a gestão dos recursos hídricos necessita de procedimentos integrados de planejamento e de administração. Com instrumentos de planejamento que contribuam para uma avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, o resultado será a obtenção de benefícios econômicos e sociais, com o mínimo de degradação ambiental possível. Associando estes instrumentos de planejamento a uma boa administração dos recursos hídricos, com os devidos suportes técnicos, jurídicos e administrativos, este planejamento se tornará efetivo.

A gestão dos recursos hídricos vem sofrendo a cada dia uma evolução, condicionada, na maioria das vezes, à necessidade de uma nova abordagem do meio ambiente e também à crescente mobilização das comunidades (Leal, 1998).

Segundo Lanna (1999), uma Gestão de Recursos Hídricos eficiente deve ser constituída por uma política, que tem o papel de estabelecer diretrizes gerais, um Modelo de Gerenciamento, que estabelece a organização legal e institucional e um Sistema de Gerenciamento, que tem a finalidade de reunir os instrumentos para o preparo e execução do Planejamento do Uso, Controle e Proteção das Águas.

Existem vários aspectos que fazem com que a Gestão dos Recursos Hídricos necessite de estudos e aperfeiçoamentos, tudo isto em decorrência de sua complexidade, como: (I) desenvolvimento econômico, (II) aumento populacional, (III) expansão da agricultura, (IV) pressões regionais, (V) mudanças tecnológicas, (VI) mudanças sociais, (VII) urbanização, (VIII) necessidades sociais, (IX) necessidades ambientais e (X) incertezas.

A importância de se ter uma boa Gestão dos Recursos Hídricos é que diversos tipos de necessidades deverão ser contemplados, um grande volume de recursos utilizados e grandes regiões serão afetadas. Em contrapartida, com o conseqüente aumento físico dos projetos e da região que será afetada, a atividade de planejar e de implantar os projetos levará mais tempo havendo a demanda de que as necessidades futuras sejam previstas com antecedência suficiente para que possam ser suprimidas quando ocorrerem (Lanna, 1999).

Neste sentido, Santos (2000) ressalta a importância da iniciativa do Governo para a organização da gestão dos recursos hídricos com a criação da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) no âmbito do Ministério do Meio Ambiente, significando o marco para a reversão deste processo. A cada dia se vê um aumento dos problemas, os quais requerem uma atenção especial para se alcançar o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável que proporcione a gestão dos recursos hídricos, observando: (I) conservação, (II) preservação, (III) uso eficiente, (IV) equidade econômica social na alocação dos recursos hídricos entre usuários, (V) melhoria na operação dos reservatórios de

águas superficiais, e (VI) melhoria no monitoramento e prospecção da quantidade e qualidade da água.

Silva (1997) apud Santos (2000) acrescenta que os objetivos da gestão dos recursos hídricos no Brasil devem apresentar consistência em relação às políticas econômicas e institucionais do país e à estratégia setorial dos recursos hídricos. Os principais objetivos são: promover condições para o uso sustentável e alocação intersetorial dos recursos hídricos progressivamente escassos, oferecer processos, informações confiáveis e ferramentas eficazes para tomadas de decisão dentro de um marco legal (regulamentar – institucional) que insira a participação de todos os agentes envolvidos nessas tomadas de decisão. Acrescenta ainda que a própria Lei Federal nº 9.433/97, em seu Art. 31, apresenta a importância da integração do planejamento do uso dos recursos hídricos com o planejamento setorial de atividades econômicas relacionadas com a água.

### **2.1.3 A cobrança pelo uso da água**

Desde 2001 a Agência Nacional de Águas vem desenvolvendo esforços para implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil, em conjunto com gestores estaduais e comitês de bacias. Até o momento, a cobrança foi implantada na Bacia do Rio Paraíba do Sul e nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. O Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio São Francisco - CBHSF – poderá ser o terceiro a implantar a cobrança pelo uso da água em rios de domínio da União. No momento, os poderes públicos, os setores usuários e as organizações civis representadas no âmbito do CBHSF estão em fase de construção da metodologia de cobrança.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos está inserida como um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos instituídos pela Lei 9433/97, que tem como premissa estimular o uso racional da água e gerar recursos financeiros

para investimentos na recuperação e preservação dos mananciais das bacias. Muitas pessoas pensam que a cobrança é um imposto; ela é um preço público, fixado a partir de um pacto entre os usuários de água e o Comitê de Bacia, com o apoio técnico da ANA.

O fato de a água ter passado para condições de escassez em quantidade e ou qualidade, fez com que este recurso, tido como bem livre, passasse a ser considerado um bem dotado de valor econômico. Esse fato contribuiu para a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso da água.

De acordo com Campos (2005), as dimensões continentais e os contrastes climáticos, populacionais e socioeconômicos colocam o Brasil em um patamar semelhante ao restante do mundo, ou seja, uma distribuição irregular de quantidade de água para os diversos usos requeridos. Apesar de sua disponibilidade hídrica per capita média anual ser da ordem de  $36.000 \text{ m}^3$ , esse valor reduz-se para aproximadamente  $10.000 \text{ m}^3$ , caso não considere a produção hídrica brasileira da bacia Amazônica, sendo, no entanto, ainda bem superior ao índice de  $2.500 \text{ m}^3/(\text{hab.ano})$ , considerado suficiente para o exercício normal das atividades humanas. Porém, em alguns Estados e regiões este índice é inferior a  $1.700 \text{ m}^3/(\text{hab.ano})$ , caracterizando uma situação de alerta de escassez hídrica, como em alguns Estados do Nordeste e nas bacias hidrográficas do Turvo Grande e do Mogi-Guaçu, no Estado de São Paulo, segundo a TABELA 1, apresentada em seqüência. Já em outras regiões, esse índice é menor ainda, inferior a  $500 \text{ m}^3/(\text{hab.ano})$ , o que evidencia uma situação de escassez hídrica absoluta, tal como ocorre nas bacias hidrográficas do Piracicaba e do Alto-Tietê, onde está inserida a Região Metropolitana de São Paulo, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e no semi-árido brasileiro. Os índices dessas duas importantes regiões metropolitanas situam-se em valores inferiores a 200

m<sup>3</sup>/(hab.ano), apresentando, portanto, uma situação ainda mais crítica. Todos estes fatos levam a crer que há necessidade de instrumentos que incentivem os usuários deste precioso recurso, que é a água, a preservá-lo e mantê-lo para as gerações futuras.

TABELA 1 Limites de escassez hídrica

<b>Disponibilidade Hídrica m<sup>3</sup>/(hab.ano)</b>	<b>Situação</b>
1700 – 1000	ALERTA de escassez hídrica
1000 – 500	Escassez hídrica CRÔNICA
< 500	Escassez hídrica ABSOLUTA

Fonte: Beekman (1998) apud Campos (2005)

Conforme Santos (2000), a instituição de um sistema de cobrança pelo uso da água pode ter como propósitos, desde a recuperação de custos nos serviços públicos, até a conservação do recurso natural. Dentro do universo de aplicações dos princípios da cobrança, observa-se a prevalência das preocupações referente à eficiência, equidade e recuperação de custo, além das modificações que a cobrança é capaz de promover no comportamento dos usuários dos recursos hídricos.

Além disso, a intervenção do poder público, por meio do instrumento da cobrança pelo uso da água, é elemento fundamental para o crescimento econômico integrado das regiões das bacias hidrográficas. Partindo deste ponto pode-se dizer que a cobrança pelo uso e poluição da água objetiva garantir aos usuários dos mananciais um uso eficiente desse recurso, funcionando como um elemento educativo, visando a combater o desperdício e garantir um padrão aceitável de preservação da água.

A cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul foi pioneira no cenário nacional, sendo estabelecida após a consolidação de um grande pacto entre os poderes público, os setores usuários e as organizações

civis representadas no âmbito do Comitê da Bacia (CEIVAP) para a melhoria das condições relativas à quantidade e à qualidade das águas da bacia. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul possui uma área de drenagem de cerca de 55.000 km<sup>2</sup>.

A ANA e os demais organismos de recursos hídricos dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, subsidiaram a definição dos mecanismos e valores de cobrança com a elaboração de estudos técnicos, apresentação de palestras e o apoio à realização de oficinas de trabalho.

Após a realização de diversas oficinas de trabalho, iniciou-se em março de 2003 a cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Estão sujeitos à cobrança os usos de água de rios de domínio da União, como por exemplo, os rios Paraíba do Sul, Muriaé e Pomba.

A cobrança é aplicada à captação, ao consumo e ao lançamento dos recursos hídricos utilizados.

No mês de setembro de 2006, o CEIVAP aprovou os valores de cobrança, que entraram em vigor a partir de 01 de janeiro de 2007. A TABELA 2 a seguir, apresenta os valores de cobrança.

TABELA 2 Valores de cobrança pelo uso da água - CEIVAP

<b>Tipo de Uso</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>
Captação de água bruta	R\$/m <sup>3</sup>	0,01
Consumo de água bruta	R\$/m <sup>3</sup>	0,02
Lançamento de carga orgânica – DBO <sub>5,20</sub>	R\$/kg	0,07

Fonte: ANA & AGEVAP (2007).

Os valores apresentados anteriormente obedecerão a uma progressividade aprovada pelo CEIVAP, sendo cobrados 88% destes valores em 2007, 94% em 2008 e em 2009 o valor integral.

O Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - Comitê PCJ - foi o segundo comitê a implementar a cobrança pelo uso

da água em rios de domínio da União. A Bacia Hidrográfica do PCJ possui uma área de drenagem de 15.304 km<sup>2</sup>, sendo 92,6 % de sua extensão localizada no Estado de São Paulo e 7,4 % no Estado de Minas Gerais.

A cobrança pelo uso da água nas Bacias PCJ teve início em janeiro de 2006. Estão sujeitos à cobrança os usos de água de rios de domínio da União das Bacias PCJ, ou seja, nos rios Atibaia, Camanducaia, Jaguari, Piracicaba e outros.

A cobrança aplica-se à captação, ao consumo e ao lançamento dos recursos hídricos utilizados, de acordo com os usos declarados e consolidados e com os mecanismos previstos nas deliberações dos Comitês PCJ.

Os preços públicos unitários aprovados pelo PCJ são apresentados na TABELA 3, em seqüência.

TABELA 3 Valores de cobrança pelo uso da água – PCJ.

<b>Tipo de Uso</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>
Captação de água bruta	R\$/m <sup>3</sup>	0,01
Consumo de água bruta	R\$/m <sup>3</sup>	0,02
Lançamento de carga orgânica DBO <sub>5,20</sub>	R\$/kg	0,10
Transposição de bacia	R\$/m <sup>3</sup>	0,015

Fonte: ANA (2007).

Os valores apresentados anteriormente obedecerão a uma progressividade aprovada pelos Comitês PCJ, sendo cobrados 60% destes valores em 2006, 75% em 2007 e em 2008 o valor integral.

O Comitê do São Francisco será o terceiro a implantar a Cobrança pelo Uso da Água. Atualmente já existem estudos prognósticos sobre a viabilidade econômico-financeira para a criação da Agência da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, bem como outras tratativas em busca da sustentabilidade econômica, ambiental e social da bacia.

Outro ponto a ser destacado nos dois primeiros Comitês de Bacias citados é a metodologia de cobrança pelo uso da água. O Comitê para Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), após ampla discussão sobre a

metodologia de cobrança pelo uso da água, aprovou, em março de 2001, uma metodologia que buscou atender três objetivos principais:

- Consolidar o processo de gestão da bacia do rio Paraíba do Sul com início da cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- Possibilitar a implantação, em curto prazo, de ações de gestão e recuperação ambiental hierarquizadas pelo CEIVAP;
- Assegurar a contrapartida financeira da bacia para o Programa Nacional de Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES, concebido pela ANA.

A metodologia adotada em primeiro momento pelo CEIVAP representou uma primeira aproximação, consensada pelos membros do Comitê. Cabe ressaltar que nem todas as situações passíveis de cobrança e diferenciadoras de uso foram cobertas pela metodologia em questão. A metodologia adotada pelo CEIVAP utilizou a fórmula apresentada em sequência.

$$C = \underbrace{\overbrace{Q_{CAP}}^{VAZÃO} \times \overbrace{K_0}^{PREÇO} \times PPU}_{CAPTAÇÃO} + \underbrace{\overbrace{Q_{CAP}}^{VAZÃO} \times \overbrace{K_1}^{PREÇO} \times PPU}_{CONSUMO} + \underbrace{\overbrace{Q_{CAP} \times (1 - K_1)}^{VAZÃO} \times \overbrace{[1 - (K_1 \times K_3)]}^{PREÇO}}_{DILUIÇÃO DE EFLUENTES (DBO)} \times PPU \quad (1)$$

Onde:

$C$  = Valor da cobrança;

$Q_{CAP}$  = Volume de água captada durante um mês (m<sup>3</sup>/mês), fornecido pelo usuário;

$K_0$  = Multiplicador de preço unitário para captação, definido pelo CEIVAP;

$K_1$  = Coeficiente de consumo para a atividade em questão, ou seja, a relação entre o volume consumido e o volume captado pelo usuário (ou o índice correspondente à parte do volume captado que não retorna ao manancial), fornecido pelo usuário;

$K_2$  = Percentual do volume de efluentes tratados em relação ao volume total de efluentes produzidos (ou o índice de cobertura de tratamento de efluentes doméstico ou industrial), ou seja, a relação entre a vazão efluente tratada e a vazão efluente bruta, fornecido pelo usuário;

$K_3$  = Nível de eficiência de redução de DBO (Demanda Química de Oxigênio) na estação de tratamento de efluentes, fornecido pelo usuário;

$PPU$  = Preço Público Unitário correspondente à cobrança pela captação, consumo e diluição de efluentes para cada  $m^3$  de água captada (RS/ $m^3$ ), definido pelo CEIVAP.

O CEIVAP adotou uma estrutura de cobrança que foi dividida em três partes: base de cálculo, preço unitário e coeficientes.

Conforme Agência Nacional de Águas -ANA & AGEVAP (2006), a base de cálculo é definida em função do uso da água. Na metodologia apresentada a primeira parcela da base de cálculo corresponde ao volume captado no manancial, a segunda ao volume efetivamente consumido e a terceira ao despejo de efluentes no corpo receptor. Essa base de cálculo considera tanto aspectos de quantidade (captação e consumo) quanto o aspecto de qualidade (DBO). A vazão consumida é expressa pela multiplicação da vazão captada pelo coeficiente  $K_1$  que representa a parcela consumida da vazão captada. Por outro lado, a caracterização do uso qualitativo é singular. Normalmente, os mecanismos de cobrança utilizam como parâmetro para o uso qualitativo a carga de poluentes lançada. No caso desta metodologia, o uso qualitativo é caracterizado por meio da vazão efluente, independente da carga de DBO nela presente.

Em relação aos coeficientes, foram inseridos " $K_0$ " e " $(1-K_2.K_3)$ ". O coeficiente  $K_0$  foi introduzido na fórmula com a preocupação de considerar a

captação como um fato gerador de cobrança, tal qual o consumo e a diluição de efluentes. O fato de um usuário dispor de uma 'reserva de água', correspondente à sua outorga, já é motivo suficiente para haver a cobrança, pois essa água reservada não poderá ser utilizada por outro usuário a montante. Ao se estabelecer um  $K_0$  menor que 1, buscou-se estabelecer que a captação é menos impactante do que o consumo, uma vez que indisponibiliza a água para outros usos a jusante além de montante, como o uso exclusivo da captação. O peso dado ao  $K_0$  foi definido pelo CEIVAP como 0,4 ou igual a 40%.

No que diz respeito ao aspecto de qualidade, foram considerados os esforços dos usuários que buscam racionalizar o uso da água por meio da redução dos níveis de DBO dos seus efluentes. Portanto, foi inserido o coeficiente  $(1-K_2.K_3)$ , que reduz o valor da cobrança em função da redução de carga de DBO lançada. O termo  $K_2$  refere-se à cobertura do tratamento e o termo  $K_3$  à sua eficiência.

O Comitê de Bacias do PCJ definiu os mecanismos de cobrança por meio de três componentes: bases de cálculo, coeficientes multiplicadores e critérios específicos. Na proposta aprovada pelos Comitês PCJ, são consideradas como usos da água: captação, consumo, lançamento, transposição de bacias e aproveitamento de potencial hidrelétrico, conforme apresentado em seqüência:

### **Captação**

Definida como a retirada de água do corpo hídrico. A formulação do Comitê PCJ quantifica este tipo de uso pelo volume anual de água captado no corpo hídrico, indicado por " $Q_{cap}$ ". A fórmula adotada pelo Comitê PCJ apresenta uma inovação em relação à adotada pelo CEIVAP. Trata-se da consideração da vazão efetivamente utilizada no cálculo da cobrança. Tal consideração resulta de uma demanda dos setores usuários que argumentam que nem sempre utilizam toda a vazão outorgada, tendo em vista as incertezas do

clima, do mercado de consumo e do crescimento da população, respectivamente nos casos dos setores agrícola, industrial e de saneamento.

A Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH estabelece que a cobrança deverá incidir sobre os usos sujeitos à outorga. Quando uma outorga é concedida a um usuário, a vazão outorgada fica indisponível a todos os outros usuários da bacia, independente de ser utilizada ou não. Desta forma, a não utilização de toda a vazão outorgada pode restringir a entrada de novos usuários na bacia mesmo que ainda haja disponibilidade hídrica para atendê-los, o que não contribui para a utilização racional da água, um dos objetivos da PNRH.

Diante desta situação, decidiu-se que a cobrança deveria estar vinculada à vazão outorgada, porém, o usuário pode ter uma espécie de 'folga' na sua outorga visando a comportar eventuais incertezas na sua previsão de demanda. Esta folga é definida pela diferença entre vazão outorgada e a vazão efetivamente utilizada. Tal folga pode ser vista também como uma garantia de disponibilidade de água para atender a uma variação não prevista de demanda. Como esta garantia não se constitui num uso efetivo, justifica-se o valor de cobrança menor. A diferenciação nos valores de cobrança é estabelecida pela introdução dos coeficientes  $K_{out}$  e  $K_{med}$ , como apresentado em seqüência:

$$\text{Valor}_{cap} = (K_{out} \times Q_{cap\ out} + K_{med} \times Q_{cap\ med}) \times \text{PUB}_{cap} \times K_{cap\ classe} \quad (2)$$

O coeficiente  $K_{out}$  multiplica o volume anual de água captado outorgado ( $Q_{cap\ out}$ ) e o coeficiente  $K_{med}$  multiplica o volume anual de água captado medido ( $Q_{cap\ med}$ ). Os Comitês PCJ adotaram  $K_{out} = 0,2$  e  $K_{med} = 0,8$ . Desta forma, a vazão outorgada e não utilizada, ou seja, a folga será cobrada com um valor correspondente a 20% do valor da vazão efetivamente utilizada.

Buscando desestimular a criação de 'reservas de água', os Comitês PCJ propuseram um tratamento diferenciado para os usuários cujo volume anual de água captado medido for inferior a 70% do volume anual de água captado

outorgado. Portanto, considera-se como uma folga aceitável e não sujeita a este tratamento diferenciado, 30 % do volume outorgado, como apresentado a seguir:

$$\text{Valor}_{\text{cap}} = [0,2 \times Q_{\text{cap out}} + 0,8 \times Q_{\text{cap med}} + 1,0 \times (0,7 \times Q_{\text{cap out}} - Q_{\text{capmed}})] \times \text{PUB}_{\text{cap}} \times K_{\text{cap classe}} \quad (3)$$

### Consumo

Definido como a parcela do uso de captação que não é devolvido ao corpo hídrico. Desta forma, o volume de água consumido será definido pela subtração do volume anual de água captado pelo volume anual de água lançado no corpo hídrico ( $Q_{\text{lançT}}$ ), como segue:

$$\text{Valor}_{\text{cons}} = (Q_{\text{capT}} - Q_{\text{lançT}}) \times \text{PUB}_{\text{cons}} \times \left( \frac{Q_{\text{cap}}}{Q_{\text{capT}}} \right) \quad (4)$$

Na base de cálculo proposta é apresentado um termo novo ( $Q_{\text{cap}}/Q_{\text{capT}}$ ) que tem como propósito relacionar o volume anual de água captado em corpos d'água de domínio da União ( $Q_{\text{cap}}$ ) e o volume anual de água captado total ( $Q_{\text{capT}}$ ). Este termo permite a ponderação da cobrança pelo consumo entre a União e os Estados, tendo em vista que muitos usuários possuem captações em corpos d'água de diferentes dominialidades, devendo o consumo ser calculado de forma integrada para todo o empreendimento.

### Lançamento

Pode-se definir o uso de lançamento ou diluição como o uso de uma quantidade definida de água para diluir uma carga poluente lançada no corpo hídrico. Os Comitês PCJ propuseram como base de cálculo para o uso de lançamento a carga de  $\text{DBO}_{5,20}$  lançada ( $\text{CO}_{\text{DBO}}$ ), que será calculada por meio da multiplicação da concentração média anual referente à  $\text{DBO}_{5,20}$  do efluente lançado ( $C_{\text{DBO}}$ ) pelo volume anual de água lançado ( $Q_{\text{lanç Fed}}$ ), como segue:

$$\text{CO}_{\text{DBO}} = C_{\text{DBO}} \times Q_{\text{lanç Fed}} \quad (5)$$

Registra-se que a metodologia dos Comitês PCJ para a cobrança de diluição representa um avanço em relação à fórmula de cobrança da bacia do Rio Paraíba do Sul, onde a base cálculo para o uso de diluição é a vazão

efluente, sem considerar a carga de  $DBO_{5,20}$ . A fórmula considera a carga de  $DBO_{5,20}$  somente no cálculo de coeficientes que reduzem a cobrança em função do tratamento de efluentes, o que representa um estímulo à redução de cargas poluentes.

### **Transposição**

Como na bacia do Rio Paraíba do Sul, há, nas bacias PCJ, uma reversão de águas da bacia do rio Piracicaba para a bacia do Alto Tietê, por meio do chamado Sistema Cantareira.

O Sistema Cantareira é formado pelos barramentos dos rios Jaguari, Jacaré, Cachoeira e Atibainha, da bacia do rio Piracicaba, e pelo reservatório Paiva Castro, criado pelo barramento no rio Juqueri, da bacia do Alto Tietê.

Os Comitês PCJ criaram a diferenciação conceitual entre os volumes de água captados para uso interno na bacia e aqueles captados e transpostos das Bacias PCJ para outras bacias ( $Q_{transp}$ ). Desta forma, a diferenciação e as transposições internas nas Bacias PCJ são consideradas como usos de captação internos. Nos demais aspectos, a base de cálculo adotada para a transposição assemelha-se à base de cálculo para a captação, inclusive no que diz respeito à consideração dos volumes medidos.

### **Aproveitamento de Potencial Hidrelétrico**

O aproveitamento de potencial hidrelétrico é definido como sendo o uso da água para geração de energia elétrica. Os Comitês PCJ aprovaram a base de cálculo para este tipo de uso como sendo a energia gerada, conforme apresentado em seqüência:

$$\text{Valor}_{PCH} = GH_{efetivo} \times TAR \times K_{geração} \quad (6)$$

A proposta apresentada aplica-se somente às Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs, que utilizam potenciais hidrelétricos menores ou iguais a 30 MW.

Diante das considerações apresentadas anteriormente, o pagamento anual pelo uso da água será a soma dos valores referentes a todos os usos do usuário, de acordo com a equação apresentada a seguir:

$$\text{Valor}_{\text{Total}} = (\text{Valor}_{\text{cap}} + \text{Valor}_{\text{CO}} + \text{Valor}_{\text{PCH}} + \text{Valor}_{\text{Rural}} + \text{Valor}_{\text{transp}}) \times K_{\text{Gestão}} \quad (7)$$

O Comitê PCJ definiu também como parte de sua metodologia os coeficientes multiplicadores, que visam alterar a cobrança em função da qualidade da água no ponto de captação ou lançamento. Em ambos os casos, a qualidade da água é determinada pela classe de enquadramento do corpo hídrico no ponto de interferência.

No caso da captação, os valores do coeficiente são apresentados na TABELA 4.

TABELA 4 Valor do  $K_{\text{cap}}$  em função da classe de enquadramento do rio.

Classe de Uso do curso d'água	$K_{\text{cap}}$ classe
1	1,0
2	0,9
3	0,9
4	0,7

Fonte: ANA (2007).

A redução do valor do coeficiente em função da qualidade da água reduzirá também a cobrança. Tal redução da cobrança justifica-se pelo fato de que um usuário que capta água mais poluída terá maiores custos para o seu tratamento.

No caso do lançamento, o coeficiente terá valor 1 (um) durante os dois primeiros anos da cobrança. Este coeficiente não interfere no valor da cobrança, porém tem um valor educativo, pois sinaliza para o usuário que a cobrança pode variar em função da qualidade da água no ponto de lançamento.

$K_{\text{retorno}}$

No caso específico da irrigação, os Comitês PCJ propuseram um coeficiente para o cálculo da cobrança pelo consumo ( $K_{\text{retorno}}$ ), que terá valor de 0,5 durante os dois primeiros anos de cobrança, conforme equação a seguir:

$$\text{Valor}_{\text{cons}} = Q_{\text{cap}} \times \text{PUB}_{\text{cons}} \times K_{\text{retorno}} \quad (8)$$

No caso dos demais setores, a cobrança pelo consumo será calculada com base no volume anual de água consumido, definido pelo balanço hídrico do empreendimento, que leva em conta os volumes de água captada e lançada nos corpos hídricos. Para o setor de irrigação, o cálculo do balanço hídrico fica prejudicado pela ausência de lançamentos pontuais nos corpos d'água. O retorno da água ao corpo hídrico, quando ocorre, é por infiltração de água no solo, de forma difusa e de difícil mensuração. Desta forma, haveria dificuldade de se aplicar a fórmula geral proposta pela incerteza na definição do volume de água lançado.

Portanto, considerou-se a utilização de um coeficiente para determinar o percentual da água captada que retorna ao corpo hídrico no cálculo do valor da cobrança pelo consumo de água para o setor de irrigação. O valor deste coeficiente varia em função do tipo de cultura e da tecnologia de irrigação utilizada.

#### **$K_{\text{gestão}}$**

A proposição deste coeficiente visa a salvaguardar os Comitês PCJ quanto ao retorno dos recursos arrecadados para as bacias de origem. A aceitação desta salvaguarda pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, sinaliza aos Comitês de Bacias Hidrográficas a sua confiança nos mecanismos legais existentes que proporcionam uma garantia do repasse dos recursos da cobrança para as bacias onde foram arrecadadas.

O valor deste coeficiente será 1 (um), mas poderá ser igual a 0 (zero) se na Lei de Diretrizes Orçamentárias do ano seguinte não contemplar as despesas relativas à aplicação das receitas da cobrança pelo uso da água e se houver o

descumprimento pela ANA do Contrato de Gestão celebrado com a Agência do PCJ.

O coeficiente  $K_{\text{gestão}}$  diferencia-se de todos os coeficientes propostos, tendo em vista a sua variável discreta que pode assumir apenas dois valores, 0 (zero) ou 1 (um). Além disso, seu valor somente poderá ser zero, se uma das duas condições estabelecidas não ocorrer. As duas condições estabelecidas estão relacionadas à garantia do retorno dos recursos arrecadados para a bacia de origem. A primeira diz respeito à previsão orçamentária do Governo Federal e a segunda, ao repasse dos recursos arrecadados pela ANA para a entidade delegatária.

Outro coeficiente proposto pelo Comitê PCJ é o ( $K_{\text{rural}}$ ) dos valores de cobrança pela captação e consumo de água dos usuários de recursos hídricos do setor rural, como apresentado em seqüência:

$$\text{Valor}_{\text{Rural}} = (\text{Valor}_{\text{cap}} + \text{Valor}_{\text{cons}}) \times K_{\text{Rural}} \quad (9)$$

O valor de  $K_{\text{rural}}$  proposto pelos Comitês PCJ é de 0,1 e se aplica a todos os usuários do setor rural.

Os mecanismos e valores de cobrança definidos pelo Comitê de Bacias do Rio São Francisco, para a simulação da cobrança pelo uso da água, basearam-se na metodologia aprovada pelo Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP, considerando alguns ajustes em determinados parâmetros. A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco abrange 639.219 km<sup>2</sup> de área de drenagem (7,5% do país). A Bacia possui sete unidades da federação - Bahia (48,2%), Minas Gerais (36,8%), Pernambuco (10,9%), Alagoas (2,2%), Sergipe (1,2%), Goiás (0,5%), e Distrito Federal (0,2%).

Na fase de proposição das metodologias de cobrança pelo uso da água foram realizadas algumas simulações de potenciais de valores de cobrança a serem arrecadados em cada bacia. Em seqüência apresenta-se na TABELA 5, as simulações dos três comitês apresentados neste trabalho.

TABELA 5 Potencial de arrecadação na bacia.

<b>Comitê</b>	<b>Arrecadação R\$/ano</b>
CEIVAP	19.953.647,14
PCJ	20.220.461,00
CBHSF	40.099.528,00

Fonte: ANA (2007).

Cabe ressaltar um ponto importante da arrecadação pelo uso da água, que é a aplicação de tal recurso, pois os valores aparentemente significativos não são suficientes para resolver todos os problemas das respectivas bacias hidrográficas. Desta forma, faz-se necessário que os recursos arrecadados sejam investidos em projetos que contribuam para a gestão dos recursos hídricos, bem como para a educação ambiental dos usuários destas bacias hidrográficas. Além disso, os valores que estão efetivamente sendo arrecadadas nas bacias hidrográficas do Paraíba do Sul e Piracicaba, Capivari e Jundiá estão aquém dos valores esperados, devido ao grande número de inadimplentes e de usuários que não fizeram seus cadastros. No que diz respeito à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, a unidade hidrográfica com maior potencial de arrecadação é a do rio das Velhas, com um total de R\$ 14.478.150,83. Apresenta-se na TABELA 6, os valores arrecadados em 2006 e os valores de 2007 até julho.

TABELA 6 Valores arrecadados em 2006 e 2007.

<b>Comitê</b>	<b>Arrecadação 2006 (R\$/ano)</b>	<b>Arrecadação 2007 (R\$/ano) *</b>
CEIVAP	6.728.900,87	5.724.702,00
PCJ	10.016.519,85	13.486.828,00
CBHSF	-	-

Fonte: ANA (2007).

\* Valor até dezembro

Nota-se a dificuldade de implantar efetivamente a cobrança pelo uso da água. Portanto, não se pode aumentar expressivamente as obrigações da bacia hidrográfica em relação a incentivos financeiros, execução de projetos de grande monta entre outros.

O presente trabalho buscou apresentar uma metodologia para incentivar produtores rurais a praticarem ações conservacionistas em suas propriedades, podendo contribuir para a melhoria da qualidade da água e para a regularização fluvial. Porém, os valores para tal incentivo devem partir de uma estimativa de arrecadação pelo uso da água na bacia hidrográfica e devem ser aprovados pelos usuários da mesma, impedindo, desta forma, que os valores propostos não inviabilizem outros projetos.

## **2.2 Modelagem hidrológica**

Rennó (2003) define como modelo hidrológico uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície e, ou, subsuperfície terrestre. Existem relações entre a modelagem hidrológica, a biológica e a ecológica, pois o transporte de materiais pela água recebe influências das atividades biológicas que podem aumentar ou diminuir a quantidade desses materiais na água, e o regime do fluxo de água pode afetar diversos habitats. Além disso, a hidrologia está estreitamente relacionada às condições climáticas e, portanto, modelos hidrológicos e atmosféricos deveriam estar acoplados, sendo que, na prática, um estreito acoplamento torna-se um dificultador, uma vez que modelos atmosféricos trabalham com resoluções espaciais muito maiores que as utilizadas na modelagem hidrológica.

A maioria dos modelos hidrológicos tem a bacia hidrográfica como objeto de estudo, reunindo as superfícies que captam e despejam água sobre um ou mais canais de escoamento que desembocam numa única saída.

Conforme Viola (2008), aplicando este conceito a um modelo hidrológico chuva-vazão, tem-se a representação de um sistema (bacia hidrográfica) caracterizado por parâmetros, simulando um fenômeno (escoamento), pela quantificação da vazão, em função da precipitação e evapotranspiração.

Atualmente existem vários modelos hidrológicos: um deles é o IPHS1, desenvolvido pelo IPH- Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS, FEA – Faculdade de Engenharia Agrícola – UFPel- Universidade Federal de Pelotas e Agência para o Desenvolvimento da Lagoa Mirim. Este modelo permite discretizar o sistema em dois módulos básicos: Bacia e Rio. O módulo bacia simula o processo de transformação chuva-vazão na superfície das bacias e o módulo Rio simula propagações de vazão em cursos d'água, derivações inseridas nos mesmos e propagação em reservatórios (Pickbrenner, 2005).

O Módulo Bacia é formado pelos sub-modelos precipitação, separação do escoamento e escoamento superficial. O algoritmo de separação do escoamento possibilita separar parcela de chuva efetiva a ser utilizada na determinação do hidrograma de escoamento superficial direto. Dentre as opções disponíveis para a determinação do escoamento, existe o método da curva-número do Soil Conservation Service (SCS). Este método apresenta uma grande vantagem devido ao fornecimento de um parâmetro único, CN, e por apresentar uma abundante bibliografia sobre experiências de sua utilização. As principais desvantagens referem-se à desconsideração da percolação e da recuperação da capacidade de infiltração (Pickbrenner, 2005).

O método relaciona o escoamento superficial direto acumulado com a precipitação total a partir do traçado das curvas-número. Este número está relacionado com a perda potencial inicial máxima  $S$ , dado pela Equação:

$$CN = \frac{25400}{(25,4 + S)} \quad (10)$$

O valor de CN retrata as condições de cobertura, solo e umidade antecedente, variando desde uma cobertura muito permeável (limite inferior, valor = 0) até uma cobertura completamente impermeável (limite superior, valor = 100).

Buscando um maior entendimento dos modelos hidrológicos, faz-se necessário analisar os componentes envolvidos no ciclo hidrológico. A água é agente fundamental no processo produtivo, aqui entendido como fixação do carbono atmosférico pelas plantas superiores. A folha de uma planta é o principal órgão responsável pela fotossíntese e pelo controle sobre o ciclo hidrológico por meio dos estômatos. Verifica-se uma estreita relação entre os ciclos da água e do carbono. A FIGURA 1 apresenta esquematicamente os principais componentes envolvidos no ciclo hidrológico.

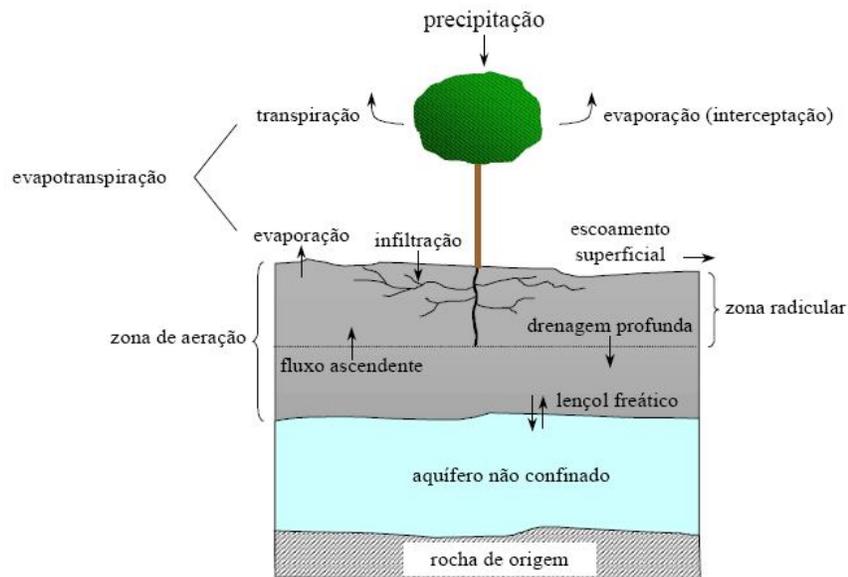


FIGURA 1 Diagrama dos principais componentes do ciclo hidrológico.  
Fonte: Rennó (2003)

Considera-se o solo, do ponto de vista hidrológico, como um reservatório cujo volume de água armazenado pode ser bastante variável no tempo, dependendo de muitos fatores. O balanço de água no solo pode ser resolvido computando-se todas as entradas e saídas do sistema.

A principal entrada de água no sistema é a precipitação. Considerando a existência de uma cobertura vegetal sobre o solo, a água da chuva é primeiramente interceptada pelo dossel (a água poderá também atingir diretamente o solo ou corpos d'água). Esta água interceptada pode então ser evaporada. Da água que chega até a superfície do solo, parte é infiltrada e parte pode escoar superficialmente. A água que infiltrou irá se redistribuir ao longo do perfil do solo. Paralelamente à entrada de água no solo, a água pode estar sendo evaporada pela superfície ou retirada do solo pelas raízes e transpirada pelas folhas do dossel. A água pode ainda descer o perfil do solo e chegar ao lençol freático, ou, em algumas situações, pode haver um fluxo ascendente de água no solo (Rennó, 2003).

De acordo com Neves et al. (2007), as modificações na cobertura vegetal de uma bacia tem impactos significativos nos processos hidrológicos e na qualidade de água dessa bacia. Buscando avaliar esses impactos, os autores realizaram um estudo na sub-bacia do ribeirão Serra Azul – Minas Gerais. As variações no comportamento hidrológico foram representadas pela evapotranspiração, que é o componente do ciclo hidrológico mais afetado pela alteração do tipo de cobertura da superfície. Para a estimativa da evapotranspiração utilizou-se o método do balanço hídrico e o método FAO Pennam – Monteith. Para o tratamento das imagens de satélite foram utilizadas técnicas de geoprocessamento com a finalidade de gerar mapas temáticos. Ao final, desenvolveram-se correlações entre as variações no comportamento hidrológico e na dinâmica da cobertura vegetal da bacia, com base no parâmetro floresta densa. O resultado final não apresentou níveis de confiança para as

correlações entre as duas variáveis, mas foi possível notar a importância das atividades de preservação ambiental que estão sendo desenvolvidas na bacia estudada.

Outro ponto que foi estudado por Pinto (2007) e que reflete diretamente na importância da preservação de áreas com mata nativa é a qualidade da água. Este autor estudou o comportamento da qualidade da água em três ambientes distintos na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (GD1), Alto Rio Grande, MG. Uma dessas áreas é a sub-bacia do Ribeirão Marcela. A conclusão dos estudos mostrou que os valores referente ao Índice de Qualidade da Água e ao enquadramento identificaram grande diferença da sub-bacia Lavrinha em relação às demais, sendo a presença de áreas com mata nativa, o fator decisivo para tal conclusão. Constatou-se ainda que o principal fator causador do quadro crítico é o Número Mais Provável (NMP) de coliformes, que se associa à pecuária. Em menor escala, o oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) também são fatores limitantes. Na sub-bacia do ribeirão Marcela associa-se aos fatores limitantes, de forma bem evidente, a presença de fosfato total ( $PO_4$ ), oriundo do cultivo de milho.

Portanto, um modelo pode ser considerado como uma representação simplificada da realidade, auxiliando no entendimento dos processos que envolvem a mesma. Atualmente, os modelos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos ambientais, pois ajudam a entender o impacto das mudanças no uso e cobertura da terra e a prever alterações futuras nos ecossistemas.

De forma geral, um modelo é um sistema de equações e procedimentos compostos por variáveis e parâmetros. Os parâmetros mantêm seu valor inalterado durante todo o processo estudado. Assim, um parâmetro possui o mesmo valor para todos os intervalos de tempo, o que não significa que ele não

possa variar espacialmente. Por outro lado, as variáveis podem mudar ao longo do tempo em que o modelo estiver sendo executado.

Gomes et al. (2007) realizaram, na bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela, estudos objetivando diagnosticar o uso atual das terras e suas implicações na variabilidade espacial dos atributos físicos densidade do solo (Ds), matéria orgânica (MO), frações texturais (areia, silte e argila) e Argila Dispersa em Água (ADA), por meio de técnicas de geoestatística, com a finalidade de observar padrões de ocorrência desses atributos na paisagem. Estes autores identificaram a existência de áreas críticas de manejo na bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela.

Silva (2006) utilizou o método CN – SCS e o Modelo Conceitual de Nash para analisar o comportamento do escoamento superficial na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela. O estudo demonstrou baixa taxa de perda de solo, sendo que as classes de solo foram determinantes na explicação do processo erosivo. Este mesmo autor destaca que a sub-bacia apresentou um bom comportamento hidrológico, verificando uma elevada restituição do escoamento subterrâneo, podendo ser considerada de elevado potencial de produção de água.

Para levantar as grandezas características do escoamento superficial direto da bacia hidrográfica do ribeirão Marcela, Gomes (2008) utilizou o modelo LISEM (Limburg Soil erosion Model) para calibrar parâmetros de entrada importantes do ponto de vista da gênese do escoamento superficial, como, umidade do solo antecedente aos eventos de precipitação e a espessura da camada de solo considerada no balanço hídrico para o modelo LISEM. Vários cenários foram estudados com este modelo, indicando que as plantações de milho, aos 15 e 75 dias após o plantio, propiciaram as maiores vazões máximas, demonstrando ser este uso/ocupação do solo, entre as alternativas avaliadas, o que mais predispõe a bacia hidrográfica a impactos hidrológicos, principalmente na fase inicial da cultura.

Barreto Neto & Souza Filho (2007) realizaram uma modelagem hidrológica utilizando lógica fuzzy, SIG e dados de sensoriamento remoto, objetivando simular o escoamento superficial em uma bacia hidrográfica. Os resultados das simulações apontaram que tal modelo poderá ser utilizado como uma nova ferramenta no auxílio da gestão de bacias hidrográficas, principalmente por ser um sistema que incorpora zonas de transição entre geo-objetos.

Pickbrener et al. (2005) utilizaram técnicas de geoprocessamento para determinar o CN na bacia hidrográfica do rio Criciúma em Santa Catarina. A metodologia aplicada envolveu a elaboração de mapas temáticos de Tipo de Solo e Uso de Solos e operações de cruzamento entre eles. O produto final foi apresentado por meio de um mapa de CN médio por sub-bacia.

Um ponto relevante de um modelo é a contribuição para analisar os níveis de produção de água em uma bacia em função da forma de manejo da mesma. De acordo com Valente & Dias (2001), a produção de água é obtida por meio do manejo da bacia e o aumento de vazão está alinhado à sua regulação sazonal, ou seja, deve-se procurar a menor variação na vazão entre as épocas de chuvas e as mais secas do ano. As nascentes não são as únicas opções de extração e uso da água do lençol. Existem alternativas como a perfuração de poços freáticos ou artesianos, cuja quantidade de água vai depender da riqueza da reserva e do processo de recarga.

Nota-se que a questão da erosão hídrica é um dos principais alvos a serem atacados na definição de critérios que contribuem para a minimização de seus efeitos.

De acordo com Pruski (2006), a erosão de terras agrícolas é constituída de fenômenos de grande relevância, devido à rapidez com que se processa e pelo fato de provocar grandes prejuízos não só para a exploração agropecuária, mas também para diversas outras atividades econômicas e para o meio ambiente.

Outro ponto destacado por este mesmo autor é o impacto econômico, social e ambiental que a erosão provoca devido à sua associação a estradas não pavimentadas. A erosão é tão antiga quanto a própria Terra, sendo designada geológica a originada de fenômenos naturais que agem continuamente na crosta terrestre, como ocorrência normal do processo de modificação desta e criando processo benéfico para a formação do próprio solo. Mas, a ação do homem quebra essa harmonia, por meio da inserção de práticas que destroem o equilíbrio das condições naturais desse processo, dando origem à erosão acelerada, que constitui fenômeno de grande importância em razão da rapidez com que se processa e pelo fato de acarretar grandes prejuízos.

A erosão pode ser classificada como eólica ou hídrica. Pruski (2006) ressalta que a erosão hídrica no Brasil é a mais importante, pois além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta nutrientes químicos, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de provocarem prejuízos diretos à produção agropecuária, provocam a poluição das nascentes. Assim, a erosão, além de elevar os custos da produção agropecuária, causa também problemas à qualidade e disponibilidade da água, devido à poluição e assoreamento dos mananciais, contribuindo para a ocorrência de enchentes no período chuvoso e aumentando a escassez de água no período de estiagem.

Conforme Tucci (2002), a utilização de indicadores em Hidrologia é fundamental para estudar os recursos hídricos e permite uma primeira aproximação dos problemas. Eles podem ser usados para verificar erros nos dados hidrológicos, avaliar a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, analisar as áreas de inundação, desenvolver o planejamento de alternativas, entre outros.

Estes indicadores podem contribuir para uma análise global, por exemplo, se dados de fontes diferentes são compatíveis entre si, utilizando os

totais anuais de Precipitação, Vazão média anual e Evaporação anual medida e estimada (se houver). Conforme este autor, a última variável apresenta grande quantidade de erros devido à dificuldade de medir o valor real. Os seus dados disponíveis geralmente não são muito confiáveis.

A precipitação anual (P) é dada em mm, a vazão (Q) em  $m^3/s$  e a evaporação (E) em mm. Transforme a vazão em mm, dividindo pela sua área (A em  $km^2$ ), usando um fator de conversão, ficando  $Q (mm) = 31536 Q (m^3/s)/A$ .

Após esta conversão as variáveis ficam comparáveis, pois representam totais anuais. A primeira verificação observa o balanço anual (valores para anuais de P, Q e E) apresenta:

-  $P - Q > E$ , já que E é a Evapotranspiração potencial. Caso ocorra ao contrário, os dados são incoerentes entre si. Isto ocorre geralmente porque E tende a ser subestimado, principalmente pela equação de Thornthwaite (é a pior estimativa) e por dados de Evaporímetros (que subestimam).

- se o Coeficiente de escoamento é coerente com a região, ou seja  $C = Q/P$ . Normalmente este coeficiente varia de uma média anual de 0,25 a 0,45 para as regiões úmidas brasileiras. Caindo para valores de 0,10 a 0,2 no semi-árido. Quando você encontrar valor muito baixo  $< 0,1$  ou muito alto  $> 0,6$ , algo pode estar errado nos dados. Os indicadores acima não são válidos para bacias urbanas.

- indicadores de balanço e disponibilidade: a precipitação total anual no Brasil no Sul, Sudeste e Centro Oeste tende a ficar entre 1200 a 1800 mm com valor freqüente em cerca de 1500 mm. A vazão média anual esperada corresponde a 0,3 a 0,35, ou seja, valores na vizinhança de 500 mm. Em termos de vazão específica, os valores ficam entre 15 e 25  $l/(s.km^2)$ . A vazão em mm é convertida em  $l/(s.km^2)$  dividindo por 31,536. Neste caso a evaporação real é da ordem de 1000 mm.

- indicador de Regularização e disponibilizada hídrica: a disponibilidade hídrica depende da capacidade de regularização natural de um rio ou de seu potencial de regularização artificial. A vazão média é o máximo que pode ser regularizado numa bacia hidrográfica. Na realidade, uma parcela desta vazão poderá ser regularizada. Em áreas úmidas do Sul, Sudeste e Centro Oeste é possível de regularizar da ordem de 60 a 80% da média, representando o máximo que uma bacia pode contribuir. Considerando as condições naturais, sem reservatório, a regularização depende da vazão mínima, que depende da sua geologia. Em regiões com pequena profundidade de solo e muita rocha, o valor é da ordem de 3 a 8% da vazão média, enquanto que em rios com maior regularização natural, como em bacias sedimentares, este valor sobe para 10 a 30 % da vazão média. Estes valores estão próximos da  $Q_{7,10}$  (vazão mínima de 7 dias e 10 anos) utilizada para qualidade da água e regulação.

Estes indicadores auxiliam a achar erros nos estudos. Por exemplo, quando se utilizam modelos matemáticos, é fundamental esta análise preliminar, pois caso contrário, o usuário do modelo tenderá a forçar os parâmetros para ajustar o erro de compatibilidade dos dados.

### **2.3 Conjuntos Fuzzy**

O Conceito de conjuntos Fuzzy ou conjuntos nebulosos ou ainda conjuntos difusos, teve sua primeira apresentação por Lofti A. Zadeh. Hoje existe uma grande quantidade de trabalhos publicados sobre o assunto e várias aplicações práticas já implantadas e em funcionamento.

A Lógica Fuzzy, com base na teoria dos Conjuntos Nebulosos (Fuzzy Set), tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições da informação. De forma mais objetiva e preliminar, pode-se definir Lógica Fuzzy como sendo uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em uma Linguagem natural e convertê-las para um formato, de fácil manipulação.

Considere a seguinte afirmativa: se o tempo de um investimento é longo e o sistema financeiro tem sido não muito estável, então a taxa de risco do investimento é muito alta. “O termo “longo”, “não muito estável” e muito alto”, traz consigo informações vagas. A extração (representação) destas informações vagas se dá por meio do uso de conjuntos nebulosos. Devido a esta propriedade e a capacidade de realizar inferências, a Lógica Fuzzy tem encontrado grandes aplicações nas seguintes áreas: Sistemas Especialistas; Computação com Palavras; Raciocínio Aproximado; Linguagem Natural; Controle de Processos; Robótica; Modelamento de Sistemas Parcialmente Abertos; Reconhecimento de Padrões e Processos de Tomada de Decisão entre outros.

De acordo com Meirelles et al. (2000), os modelos baseados na lógica fuzzy permitem uma maior flexibilidade nas combinações de mapas com pesos e podem ser implementados nos Sistemas de Informações Geográficas por meio de uma linguagem de manipulação espacial.

Portanto, cada valor de  $x$  é associado a um valor  $\mu(x)$ , fornecido por uma função de pertinência, e o par ordenado  $(x, \mu(x))$  é conhecido como conjunto fuzzy. A forma da função de pertinência utilizada não é necessariamente linear; ela pode assumir qualquer formato analítico ou arbitrário apropriado ao problema modelado. As funções de pertinência podem ser expressas também por meio de Tabelas de valores. Nesse caso, as classes dos mapas podem ser associadas a valores de funções de pertinência fuzzy por meio de uma Tabela de atributos nos SIGs. O valor medido da variável mapeada pode ser categórico, ordinal ou de intervalo.

Normalmente os valores das funções de pertinência fuzzy devem estar entre os intervalos  $[0,1]$ , mas não há restrições práticas na escolha desses valores. Eles podem ser escolhidos de forma a refletir o grau de pertinência de um conjunto baseado no julgamento subjetivo, e no caso de variáveis categóricas, o grau da importância do mapa e das suas várias classes.

Em se tratando de lógica fuzzy um mapa pode ter mais de uma função de pertinência fuzzy, assim como diversos mapas distintos podem ter valores de pertinência advindos de funções criadas com base em uma mesma hipótese ou proposição. Imagine que um objeto espacial em um mapa, como um polígono ou um pixel, seja avaliado de acordo com as características do fenômeno estudado, por exemplo, localização de áreas vulneráveis a erosão. Conseqüentemente, todos os mapas que serão utilizados como suportes a esse fenômeno poderão ser associados a uma função de pertinência fuzzy.

Na lógica de Boole um membro pode assumir dois estados: falso (0) ou verdadeiro (1). Na lógica difusa, conforme já citado anteriormente, existem vários membros entre a negação absoluta (0) e a verdade absoluta (1). Portanto, enquanto na lógica de Boole existe um salto abrupto para definir um limiar no ponto 50m, na lógica difusa essa transição é gradual, conforme apresentado na FIGURA 2, apresentada em seqüência.

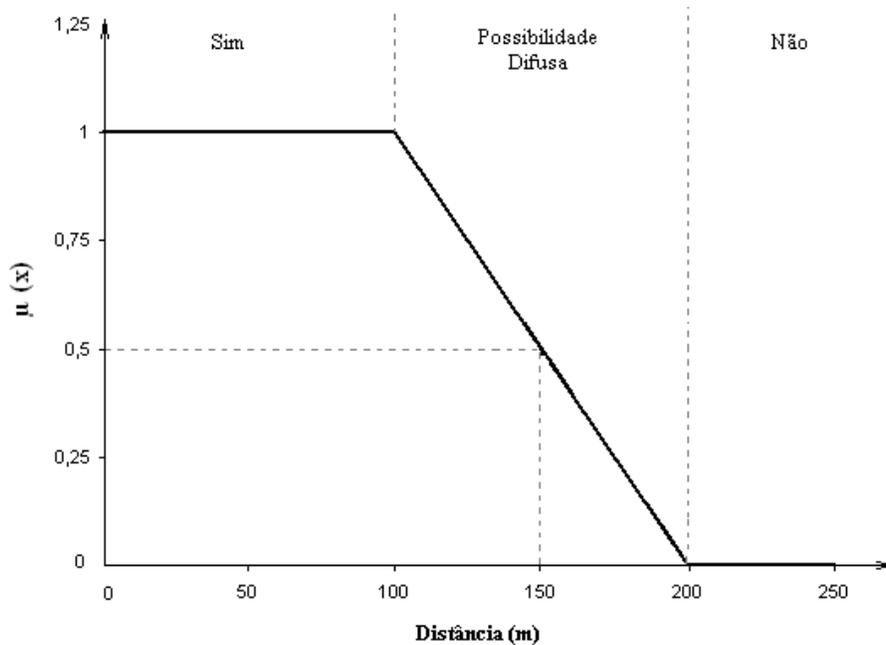


FIGURA 2 Função de pertinência do subconjunto difuso distância.

Existem vários tipos de curva ou função de pertinência que podem ser construídas para definir o subconjunto difuso.

A função de pertinência criada tem que assegurar que o grau de pertinência é 1,00 no centro do conjunto e que ele cai de maneira apropriada pela fronteira difusa para a região fora do conjunto onde ela assume o valor 0. Os Modelos Semânticos podem ser representados por várias funções de pertinência (FP). Estas funções são determinadas por suas características simétricas ou assimétricas em relação ao conceito central e ao grau de dispersão dos elementos pertencentes a uma classe, segundo as características dos limites do conjunto. Uma das funções mais usadas, mas que devem ser adaptadas para cada situação, são dadas pela seguinte fórmula (Burrough, 1989 apud Miranda 2005).

$$\mu_A(x) = \frac{1}{\{1 + d(x-b)^2\}} \quad \mathbf{0 \leq x \leq P} \quad (11)$$

onde **d** é o parâmetro responsável pela forma da função, e **b** define o valor do domínio de **x** para o conceito central. Variando o valor de **d**, a forma da função de associação e a posição do ponto de cruzamento (cross-over) podem ser facilmente controláveis. Percebe-se que o poder da expressão  $(x-b)^2$  pode também ser variado, controlando a dispersão do conjunto. Portanto, a forma da função de pertinência dos elementos e a posição dos pontos de cruzamento podem ser facilmente alteradas, modificando-se os valores dos parâmetros.

Cabe destacar que nos processos manuais de avaliação do meio ambiente, os níveis dos fatores de certeza são determinados pela experiência dos especialistas. Tendo em vista os métodos atualmente utilizados para a coleta e estrutura de dados em geral ignorarem os problemas reais de variação espacial, e também devido à existência de uma transição contínua na paisagem, os métodos de avaliação da terra que utilizam unidades discretas e regras fixas baseadas na

lógica booleana não conseguem representar o mundo real, ou trazer resultados tão precisos quanto o usuário espera. Portanto, uma solução para a melhoria na qualidade das análises realizadas em um conjunto de informações geográficas pode ser a utilização de operações fuzzy como um conjunto de ferramentas para manipulação dos dados.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando sistemas fuzzy na avaliação ambiental. Um ponto que se destaca é a possibilidade do SIG permitir a integração de dados geográficos de várias fontes numa base de dados única e oferecer mecanismos para recuperar, manipular e visualizá-los, por meio de algoritmos de manipulação e análise, segundo Câmara et al. (1996) apud Góis et al. (2005). Imagens com diferentes informações de uma mesma região podem ser sobrepostas de forma a permitir a visualização de eventos que causam impactos ambientais, tais como: áreas de desmatamentos, estradas entre outros. Além disto, podem-se visualizar várias outras entidades, como rios, praias e outros. Todas estas informações podem contribuir para a tomada de decisão dos gestores, porém, o excesso e diversidade de informações podem dificultar a análise. Daí surge o sistema fuzzy, que pode ser desenvolvido em várias linguagens como C++; Java entre outros, ou utilizar softwares que já possuem em sua plataforma o sistema fuzzy, como por exemplo, o Matlab, bem como softwares de Informações Geográficas como Spring.

Kawakubo et al. (2005) constataram a eficácia dos sistemas computacionais na análise empírica da fragilidade ambiental, quando utilizaram técnicas de geoprocessamento na caracterização empírica da fragilidade ambiental na bacia do córrego do Onofre, localizado no município de Atibaia – SP.

Paula et al. (2007) utilizaram a lógica fuzzy também como técnica de apoio em zoneamentos ambientais.

Medeiros (2003) utilizou a lógica fuzzy como um método para análise de projetos em unidades de conservação, constatando que ele foi capaz de indicar aos decisores os níveis de apropriação (alta, média ou baixa) daquele projeto específico às condições dadas.

Antunes (2004) já utilizou a lógica fuzzy para propor um modelo de avaliação de risco de controle interno de uma entidade para contemplar os elementos incertos e difusos que compõem, de maneira representativa, os fatores desse tipo de risco analisados pelos auditores independentes no âmbito de um processo de auditoria das demonstrações contábeis. Como conclusão dos estudos pode se verificar que o modelo de avaliação de risco com o uso da lógica fuzzy, além de eliminar a restrição binária imposta pela lógica clássica, permitiu tratar, de forma numérica e sistematizada, conceitos ambíguos e incertos, por meio da aplicação de escala psicométrica, para refletir predicados como “bom”, “razoável”, de “de grande importância” entre outros, produzindo, dessa maneira, resultados mais amplos e próximos da realidade.

Meirelles et al. (2005) propuseram um sistema de suporte à decisão para avaliação do risco de impactos ambientais em bacias hidrográficas por redes de dependência e lógica fuzzy. A metodologia proposta baseada no ambiente *Ecosystem Management Decision Support* demonstrou ser uma ferramenta apropriada para o desenvolvimento do sistema de suporte à decisão especializada para mitigação de problemas ambientais gerados por processos erosivos em bacias hidrográficas.

Portanto, pode se concluir que a lógica fuzzy é uma grande ferramenta de suporte à tomada de decisão, e que deve ser amplamente difundida.

De acordo com Câmara et al. (2001), os processos de inferência espacial, aplicados em SIG's, podem ser desenvolvidos por meio de diferentes técnicas de análise espacial, o que, na maioria dos casos, pode representar uma dificuldade

na escolha do modelo mais adequado de combinação dos dados, na geração dos cenários que servirão como base para os processos de tomada de decisão.

Nota-se em modelamentos desenvolvidos segundo a teoria *fuzzy*, por exemplo, que indecisões na escolha da forma apropriada da função que será utilizada no mapeamento dos membros fuzzy não são difíceis de ocorrer. Essa diversidade necessita de funções membro que apresentem formas específicas, cada uma requerendo propriedades, bem como calibrações específicas e adequadas dos parâmetros.

Uma alternativa para os problemas indicados anteriormente é a utilização do Processo Analítico Hierárquico – AHP (Analytical Hierarchy Process) de Saaty, o que é considerado uma das ferramentas mais promissoras de suporte à decisão, possibilitando estabelecer e organizar um modelo racional de integração de dados.

Se na realidade, normalmente, diferentes fatores contribuem para tomada de decisão, como fazer para determinar a contribuição relativa de cada um? Buscando uma solução para este problema, Thomas Saaty propôs, em 1978, uma técnica de escolha baseada na lógica da comparação pareada. Neste procedimento, os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois a dois, e um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida veja TABELA 7.

TABELA 7 Escala de valores AHP para comparação pareada.

<b>Intensidade de Importância</b>	<b>Definição e Explicação</b>
1	Importância igual – os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada – um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial – um fator é claramente mais importante que o outro.

7	Importância demonstrada – um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários – possibilidade de compromissos adicionais entre julgamentos.

---

O primeiro passo para a aplicação dessa técnica é a elaboração de uma relação de importância relativa entre as evidências. Essa relação é utilizada como dado de entrada em uma matriz de comparação pareada, onde são calculados os autovalores e autovetores da matriz. Os pesos de cada membro fuzzy, equivalem então aos autovetores da matriz de comparação pareada.

A técnica AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Requer a estruturação de um modelo hierárquico, o qual geralmente é composto por meta, critérios, sub-critérios e alternativas; e um processo de comparação pareada, por importância relativa, preferências ou probabilidade, entre dois critérios, em relação ao critério no nível superior. Baseado na comparação, a AHP pondera todos os sub-critérios e critérios e calcula um valor de razão de consistência entre  $[0,1]$ , com 0 indicando a completa consistência do processo de julgamento.

A partir do estabelecimento de critérios de comparação para cada combinação de fatores, é possível determinar um conjunto ótimo de pesos que podem ser utilizados para a combinação dos diferentes mapas.

Ruhoff (2004) aplicou a técnica de AHP para definir o zoneamento ambiental da bacia do Arroio Grande. A conclusão dos estudos demonstrou que existe uma grande possibilidade da técnica fuzzy avaliar o espaço geográfico continuamente, e não por meio de limites rígidos, como em conjuntos de dados estáticos, ou seja, possibilitou, no caso estudado, identificar uma variação da grandeza avaliada, como a vulnerabilidade ambiental, oferecendo uma

flexibilidade muito maior sobre problemas espaciais. O presente trabalho utilizará a técnica AHP para definir o Indicador de Produção de Água; para tanto será necessário a fuzzificação de todas as variáveis de entrada.

## **2.4 Valoração de danos e benefícios ambientais**

### **2.4.1 Aspectos conceituais da economia dos recursos naturais**

Reis, (2001) descreve que a economia é uma disciplina cujo enfoque pode ser baseado em várias escolas de pensamento. As mais frequentes são a neoclássica, a keynesiana, a institucionalista e a marxista. No âmbito da microeconomia, a escola que mais se consolidou como dominante foi a neoclássica. Quando se utilizam as ferramentas neoclássicas aplicadas aos problemas do meio ambiente faz-se uso de sua especialidade conhecida como '*Economia do Meio Ambiente*'.

Os economistas neoclássicos, após abandonarem as preocupações de longo prazo, restringiram-se a analisar somente a alocação de bens e serviços no curto prazo, limitando a teoria às mercadorias escassas e às quais o mercado atribuíra preço. Desta forma o conceito da externalidade desenvolvido por Pigou, em 1920, só foi associado à questão ambiental em anos mais recentes, justamente no período em que a qualidade do ambiente se agravou e quando os custos de despoluição começaram a assumir montantes significativos (Amâncio, 2001).

Desta forma, na economia do meio ambiente, a questão ambiental é vista como alocação de bens entre agentes em função da preferência destes últimos. Para que exista o tratamento de bens naturais necessita-se então da introdução dos conceitos de recursos naturais, bens públicos e de externalidades.

Os Recursos Naturais ou ativos naturais podem ser conceituados como a classe de bens que não são produzíveis pelo homem. São divididos em recursos

naturais renováveis (não exauríveis) e os não renováveis (exauríveis). Os renováveis são classificados como aqueles cuja inscrição biofísica garante sua regeneração (por meio dos ciclos biogeoquímicos) ou crescimento (como a biomassa) a um horizonte economicamente significativo. Em outras palavras, são aqueles em que os insumos são repostos pelos ciclos biogeoquímicos e funções ecossistêmicas, permitindo o uso dentro destes ciclos, como o solo, as florestas, campos, terras cultivadas entre outros. Já os Recursos Naturais não renováveis são classificados como aqueles cujo uso não pode ser feito nos ritmos naturais ou no tempo que a natureza leva para produzi-los, como os minerais, água confinada em aquífero e os combustíveis fósseis (Reis, 2001).

Daly (1989) apud Bellia (1996) caracteriza os bens renováveis e não renováveis como biológicos e geológicos respectivamente, despertando para o fato de que ambos são depauperáveis. O depauperamento do capital geológico, em particular, é necessário para a obtenção de materiais para a produção industrial e agroindustrial.

Os bens públicos são conhecidos como aqueles onde não existe a possibilidade de excludência e tão pouco a subtractibilidade. Devido à esta última propriedade, eles não são consumíveis e o seu uso sustentável é garantido na medida em que não ocorram congestionamentos ou danos irreversíveis. Devido à impossibilidade de exclusão, não existe estímulo de que uma parte privada o faça automaticamente quando busca maximizar seus retornos econômicos, qualquer usuário poderá ter acesso ao bem, tão logo ele seja provido, independente de pagamento ou de qualquer outro tipo de reciprocidade (Lanna, 1999).

De acordo com Rezende (2001), um bem público é um bem ou serviço, que mesmo em quantidade fixa, o seu consumo adicional por determinada pessoa não implica redução na porção consumida, ou seja pode-se dizer que todos os consumidores possuem o mesmo potencial de consumo. Tal

característica dos bens públicos é chamada de 'não exaustividade'. Cita-se como exemplos de bens públicos, sinais de uma emissora de televisão, os serviços de defesa nacional e o controle de cheias, pois se um novo consumidor sintonizar uma emissora de TV, por exemplo, não afeta os demais consumidores. Conforme os autores, a melhor maneira de se entender o conceito de bem público é procurar caracterizá-lo e compará-lo com os bens comuns ou privados.

A não exaustividade dos bens públicos significa que o seu nível ótimo de preço é zero, e uma vez tomada a decisão de produzi-lo, o custo adicional da produção de uma unidade a mais para um consumidor adicional também é zero. Portanto, qualquer pessoa restringida em seu consumo implica perda para a sociedade como um todo. Todavia, quando um indivíduo compra o um metro cúbico de madeira, o mecanismo de preço e o direito de propriedade asseguram que todos os demais consumidores são impedidos de se beneficiarem da utilização de tal produto, pois a madeira é um bem privado. Esta situação não acontece com os bens públicos, pois o fato de alguém se beneficiar dos serviços de controle de cheia produzido por uma floresta não significa redução desses benefícios para outros consumidores. Um ponto característico do bem público é a não-exclusão em seu consumo, ou seja, ninguém pode ser excluído de usufruir dos benefícios de um controle de cheia (Rezende, 2001). Na TABELA 8 é apresentado algumas características de bens públicos e privados.

TABELA 8 Características dos bens públicos e dos bens privados

<b>Atributos</b>	<b>Bem Privado</b>	<b>Bem Público</b>
MERCADO	Definido	Indefinido.
DIREITO DE PROPRIEDADE	Definido	Difuso
EXAUSTIVIDADE	Sim	Não
EXCLUDABILIDADE	Sim	Não
CUSTO MARGINAL	Positivo	Zero
QUANTIDADE CONSUMIDA	Determinada	Indeterminada

As externalidades são conhecidas como efeitos econômicos colaterais de um processo de produção ou de consumo que não são inseridos na formação do preço de mercado do seu produto. Por outro lado os efeitos favoráveis, ou economias externas, não afetam a disposição dos consumidores a pagar pelo produto (Lanna, 1999).

Um exemplo típico de externalidade pode ser oferecido quando o uso e a poluição da água não são cobrados e existem outros usuários que são privados do uso ou que sofrem o impacto da poluição. Nestes casos os custos que oneram estes usuários não são considerados pelos primeiros no dimensionamento dos seus consumos ou dos seus graus de agressão aos recursos hídricos, já que eles buscam estabelecer o aperfeiçoamento de seus processos sob seus pontos de vista restritos. Tais deseconomias externas do tipo tecnológico poderão ser atenuadas com a cobrança pelo uso e poluição das águas, o que exige a intervenção pública (Lanna, 1999).

Conforme Reis (2001), a presença destas externalidades distorce o sistema de incentivos que constitui o sistema de preços, demonstrando uma ineficiência na alocação de recursos naturais e de outros fatores de produção, e na repartição dos bens produzidos (certos bens são produzidos em excesso e outros insuficientemente; certos agentes consomem muito destes bens e outros, pouco).

Buscando remediar estas deficiências do mercado faz-se necessário utilizar instrumentos econômicos e de controle. Mas, para implantar tais instrumentos, principalmente no primeiro caso, necessita-se quantificar o valor do bem ou serviço proporcionado pela natureza ou perdido por uma degradação de determinados recursos não contabilizados (externalidade).

É importante que tais métodos se desenvolvam, de forma que a incorporação dos custos adquira a melhor precisão possível.

#### **2.4.2 Métodos utilizados para valoração econômica<sup>1</sup>**

De acordo com Motta (1998) apud Reis (2001), os principais mecanismos utilizados pelo gestor para priorizar a alocação de recursos são: a análise custo-benefício (ACB), a análise custo-utilidade (ACU) e a análise custo eficiência (ACE).

Conforme Rezende (2001), a análise de custo benefício (ACB) é definida como uma metodologia de análise que busca quantificar em unidades monetárias, os custos e benefícios de uma ação (projeto ou programa) do ponto de vista da sociedade. Portanto a ACB objetiva corrigir os erros que ocorrem nos preços sinalizados pelo mercado (ou sua ausência) em função de monopólios, monopsonios, taxas, impostos, subsídios, externalidades, bens públicos, produção conjunta (funções interdependentes) etc. De acordo com os autores, os dois aspectos comumente apontados pelo aparecimento da ACB, são: a) complexidade e a significativa e crescente participação do Estado na economia, na época, e b) a reconhecida diferença entre custos e benefícios sociais e privados; o segundo, na maioria das vezes, se relaciona a problemas do meio ambiente.

Como opções de indicadores para uma ACB citam: o valor presente líquido (VPL), a relação benefício custo (B/C) e a taxa interna de retorno (TIR). Embora todos permitam indicar a viabilidade de uma ação de forma inequívoca, a ordem das ações resultantes pode variar de indicador para indicador.

Pelo VPL têm-se as diferenças do valor descontadas dos benefícios sobre o valor descontado dos custos. O  $VPL \geq 0$  indica a viabilidade e as ações são ordenadas pela magnitude do VPL.

Pela B/C a viabilidade é condicionada a  $B/C \geq 1$  e as ações podem ser ordenadas de acordo com as magnitudes de B/C.

---

<sup>1</sup> Este item foi baseado em Reis, 2001.

Usando a TIR a viabilidade será dada por  $TIR \geq d$ , mas o ordenamento é realizado apenas pelos valores de TIR, não levando em conta a D. Dependendo da distribuição temporal dos custos e benefícios (por exemplo, variações bruscas em períodos distintos) a TIR pode não ser única.

A análise custo-utilidade integra critérios econômicos e ecológicos, ao invés de usar uma única medida do valor monetário de um determinado benefício. Desta forma, os indicadores são calculados para valores econômicos e para critérios ecológicos como insubstituíbilidade, vulnerabilidade, grau de ameaça, representatividade e criticabilidade. Estes indicadores recebem individualmente um peso absoluto e os benefícios das opções (de política, programas ou projetos) são avaliados com ponderações para cada indicador (magnitude). Sendo assim, o problema metodológico é a determinação de escalas coerentes e aceitáveis para a definição da importância relativa dos diferentes indicadores (critérios) visando à ponderação destes, e conseqüentemente cada escala definirá uma ordenação de opções diferentes. A dificuldade também recai na quantificação do resultado absoluto dos benefícios correspondentes a cada critério para cada opção.

A análise custo eficiência tem por premissa ordenar as opções apenas com base no critério ecológico. Ela considera as várias opções disponíveis para se alcançar uma prioridade pré-definida e compara os custos relativos destas em atingir seus objetivos, buscando a opção que assegura o resultado desejado ao menor custo. Diferente das anteriores, ela não ordena opções para definir prioridades, pois esta é previamente definida, o que faz com que alguns autores chamem o conjunto das duas últimas abordagens de análise de multicritério.

Com o objetivo de internalizar no sistema econômico os custos referentes aos recursos naturais, bem como os custos de oportunidade por degradação desta base de recursos, faz-se necessário identificar o valor econômico destes. Desta forma percebe-se que o valor econômico dos recursos

ambientais é derivado de todos os seus atributos, e que estes atributos podem ou não estar associados a um uso, e ainda, no caso do valor de uso, pode ser relativo ao uso pelas gerações atuais ou pelas gerações futuras.

Portanto, divide-se a degradação dos recursos naturais em valor de uso e de não uso, conforme detalhado em seguida:

a) O Valor de Uso (VU) – é o valor que a sociedade atribui a um recurso ambiental pelo seu uso presente ou pelo seu potencial de uso futuro. Divide-se em:

a1) Valor de Uso Direto (VUD) – é o valor que a sociedade atribui a um recurso ambiental em função do bem-estar que ele proporciona por meio do uso direto. Desta forma, os bens e serviços ambientais são apropriados diretamente da exploração do recurso, e são consumidos hoje.

a2) Valor de Uso Indireto (VUI) – é o valor que a sociedade atribui a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas. Desta forma, os bens e serviços ambientais são gerados de funções ecossistêmicas, apropriados e consumidos indiretamente hoje. Como exemplo tem-se a proteção dos corpos d'água, a estocagem e reciclagem de lixo, a manutenção da diversidade genética, entre outros.

a3) Valor de Opção (VO) – é o valor que a sociedade está disposta a pagar para manter a opção de um dia fazer uso, de forma direta ou indireta, do recurso ambiental. Assim, são bens e serviços ambientais de uso direto e indireto a serem apropriados e consumidos no futuro.

b) O Valor de Não Uso (VNU), Valor Intrínseco (VI) ou Valor de Existência (VE) – é aquele que está dissociado do uso (embora represente um consumo ambiental) e deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou de preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para a sociedade.

## **2.5 O programa “Produtor de água”**

De acordo com Chaves et al. (2004), a poluição de origem difusa tem sido mais eficiente quando são estabelecidas políticas de incentivo, como por exemplo, do ‘provedor-recebedor’, as quais estão sendo utilizadas no lugar de instrumentos coercitivos, tais como ‘poluidor-pagador’. Além do mais, a proteção de mananciais tem ultimamente sido preferida ao tratamento intensivo de água, sendo uma resposta às legislações mais restritivas.

Estes mesmos autores ressaltam ainda que no Brasil, apesar de existirem programas de conservação do solo com bons resultados, implantados nos últimos anos, eles foram desenvolvidos sem considerar, de forma explícita, os benefícios fora da propriedade, como por exemplo, a redução da sedimentação, o aumento das vazões mínimas, a diminuição das vazões máximas, entre outros aspectos de grande importância na definição de um programa de incentivo financeiro.

Ainda conforme Chaves et al. (2004), seguindo as tendências agro-ambientais mais atuais, o ‘Produtor de Água’, concebido no âmbito da Agência Nacional de Águas (ANA) é um programa voluntário, flexível, e de implantação descentralizada que visa ao controle da poluição difusa em mananciais estratégicos. Tal proposta parte do pressuposto que a melhoria ambiental auferida fora da propriedade pelo produtor participante é proporcional ao abatimento da erosão e, conseqüentemente, da sedimentação, em função das modificações no uso e manejo do solo e dos custos de implantação por parte do participante.

Na tentativa de considerar estes aspectos, a Agência Nacional de Águas – ANA– desenvolveu um programa direcionado à conservação de mananciais

estratégicos, onde os benefícios ambientais proporcionados por produtores participantes são, posteriormente certificados, compensados financeiramente, de forma proporcional ao abatimento da sedimentação na bacia. O presente programa denominado 'Produtor de Água', foi concebido seguindo as tendências atuais de programas agro-ambientais, ou seja, de aplicação voluntária, flexível e descentralizada. Mas existem várias dúvidas a respeito de sua aplicação, bem como de definições de indicadores que aproximem um pouco mais da realidade dos produtores rurais. Portanto, este tema vem sendo alvo de estudo de pesquisadores da área de recursos hídricos e conservação do solo.

O programa Produtor de Água traz, num primeiro instante, algumas problemáticas, como:

- O uso inadequado do solo contribui para a degradação dos recursos hídricos;

- Em termos de qualidade, a degradação se dá por meio dos processos de erosão, sedimentação, eutrofização e poluição;

- Prejuízos decorrentes apenas da sedimentação superiores a R\$ 2 bilhões/ano no Brasil;

Ao se analisar a problemática apresentada anteriormente, de forma preliminar, observa-se que a questão do produtor de água está relacionada não só no que diz respeito ao uso inadequado do solo, mas também na forma de manejo sustentável dos mesmos. Portanto, não basta estabelecer indicadores que privilegiem somente a questão técnica, mas acima de tudo há que se considerar as informações sócio-econômicas e ambientais da região.

Outro ponto relevante do programa Produtor de Água é o de incentivar o produtor rural a realizar de forma voluntária o controle da poluição rural. O programa está dirigido, prioritariamente, a bacias hidrográficas de importância estratégica para o País. A proposta tinha como premissa a adoção de práticas

conservacionistas, como o abatimento da sedimentação e da turbidez da água e o aumento da infiltração de água no solo.

A grande finalidade deste programa seria reduzir os níveis de poluição difusa rural, decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização, difundir o conceito de manejo integrado de solo e da água na bacia hidrográfica, além de garantir a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivos financeiros aos produtores rurais.

De acordo com Pellizzetti (2007), o "Programa Produtor de Água" tem como propósito analisar o percentual de abatimento de erosão e de sedimentação ocorridos em corpos d'água, partindo de dois pontos. O primeiro refere-se à redução do aporte de sedimento anual gerado em igual proporção da redução da erosão gerada em uma bacia hidrográfica. O segundo ponto refere-se ao fato de que a razão entre a erosão antes e depois da implantação da prática conservacionista seria igual à razão entre os fatores de uso e manejo do solo. Conforme Chaves et al. (2004a), o programa considera a melhoria ambiental obtida fora da propriedade pelo produtor participante, caracterizando-o como uma política de incentivo, conhecida como princípio *provedor-recebedor*. Em seqüência, a TABELA 9, desenvolvida por Chaves et al. (2004a), apresenta os valores provenientes da relação dos fatores de uso e manejo do solo (C) e das práticas conservacionistas de suporte (P), denominado fator Z.

TABELA 9 Valores de Z para uso e manejo convencional ( $Z_0$ ) e conservacionista ( $Z_1$ ).

<b>Manejo Convencional</b>	<b><math>Z_0</math></b>	<b>Manejo Conservacionista</b>	<b><math>Z_1</math></b>
Grãos	0,25	Grãos, rotação	0,20
		Grãos, em nível	0,13
		Grãos, rotação, em nível	0,10
		Grãos, faixas vegetadas	0,08
		Grãos, cordões vegetação	0,05
		Grãos, plantio direto	0,03
Algodão/Mandioca	0,62	Algodão/Mandioca, rotação	0,40

<b>Manejo Convencional</b>	<b>Z<sub>0</sub></b>	<b>Manejo Conservacionista</b>	<b>Z<sub>1</sub></b>
		Algodão/Mandioca, nível	0,31
		Algodão, Mandioca, plantio direto	0,04
Cana-de-Açúcar	0,10	Cana, em nível	0,05
		Cana, em faixas	0,03
Batata	0,75	Batata, em nível	0,38
		Batata, em faixas	0,22
Café	0,37	Café, em nível	0,19
		Café, em faixas	0,11
Hortaliças	0,50	Hortaliças, em nível	0,25
Pastagem degradada	0,25	Pastagem recuperada	0,12
		Pastagem, rotação com grãos	0,10
Capoeira degradada	0,15	Reflorestamento denso	0,01
Cascalheira/solo nú	1,00	Reflorestamento ralo	0,03

Fonte: Chaves et al. (2004a)

Verifica-se que as práticas conservacionistas possuem valores menores que as práticas convencionais. Diante destes valores é possível calcular a redução da perda de solo para cada propriedade, por meio da utilização da fórmula de cálculo do potencial de abatimento de erosão ( P.A.E.%):

$$P.A.E. (\%) = 100 (1 - Z_1/Z_0) \quad (12)$$

Os valores financeiros para pagamentos incentivados (VPI) em função do abatimento de erosão (P.A.E) são propostos no trabalho de Chaves et al. (2004a), podendo, segundo os autores, variar de acordo com a bacia hidrográfica, dependendo do nível de poluição difusa existente, bem como das condições sócio-econômicas regionais. Na TABELA 10 verificam-se os valores propostos.

TABELA 10 Valores sugeridos para pagamentos incentivados (VPI), em função do abatimento de erosão (P.A.E) proporcionado.

<b>P.A.E. (%)</b>	<b>25 – 50%</b>	<b>51 – 75%</b>	<b>75 – 100%</b>
<b>VPI (R\$/ha)</b>	50	75	100

Fonte: Chaves et al. (2004a)

Estabeleceu-se como valor mínimo de abatimento de erosão no "Programa Produtor de Água" 25% para obtenção de uma eficiência ambiental mínima. Foi estabelecido também um limite máximo de 250 ha para cada produtor participante, para que o programa pudesse atender um número maior de produtores rurais. Os valores definidos para cada faixa foram em função do custo-base de adoção das práticas e manejos elegíveis, ou seja, aquele suficiente para 'cobrir' os custos adicionais de produção do produtor participante, relativos à implantação da tecnologia (Chaves et al. 2004a apud Pellizetti, 2007).

De acordo com Chaves et al. (2004a), foi realizada primeiramente uma simulação deste programa na bacia do ribeirão Pipiripau (DF), seguindo cinco etapas:

1ª – Obtenção dos valores do parâmetro Z ('produto C\*P), para cada um dos tipos de uso e manejo atuais da bacia;

2ª – Estimativa dos valores de Z para os manejos e práticas conservacionistas mais indicados para cada uso do solo;

3ª – Cálculo do percentual de abatimento de erosão e sedimentação para cada classe de uso e manejo do solo, de acordo com a equação  $[PAE (\%) = 100 (1-Z_1/Z_0)]$ ;

4ª – Estimativa dos valores de pagamento incentivado para cada um dos tipos de uso e manejo do solo;

5ª – Análise dos benefícios ambientais e dos custos de implantação do Programa.

Conforme apresentado pelos autores, o abatimento médio da sedimentação na bacia seria de 73%, considerando a situação inicial de uso e manejo do solo, bem como a projetada, e a participação efetiva de todos os produtores (Chaves et al., 2004b apud Pellizetti, 2007). Outro aspecto benéfico externo à propriedade é que a implantação do "Programa Produtor de Água"

triplicaria a vida útil do reservatório de captação existente, permitiria uma economia de 74% dos custos de tratamento de água, resultando em uma redução de 73% na carga de poluentes, tais como mercúrio e pesticidas.

No referido programa utilizou-se uma metodologia baseada na Equação Universal de Perda de Solo. Esta equação objetiva estimar o valor médio anual de erosão que poderá ocorrer em determinada área agrícola.

Pellizzetti (2007) também aplicou o modelo proposto pela Agência Nacional de Águas (ANA) na bacia do Itajaí – SC, utilizando de forma exploratória o "Manual Operativo do Programa Produtor de Água".

Para a realização do trabalho, dados sócio-econômicos e físicos de oito propriedades rurais foram obtidos, por meio da aplicação de questionários, de visitas e de levantamentos nas propriedades. De acordo com a autora, os resultados obtidos mostram que a aplicação do "Programa Produtor de Água" seria viável nas condições regionais da bacia do Itajaí, levando a melhorias significativas das práticas agrícolas por abranger cultivos de grãos, de hortaliças, de mandioca e pastagens. Os produtores rurais pesquisados teriam interesse em participar do programa, principalmente porque já realizam algumas práticas conservacionistas. O valor necessário a ser investido na bacia, caso todos os produtores aderissem ao programa seria de R\$ 36.842.200,00/ano.

Outro ponto que deve ser considerado em um programa que incentive financeiramente os produtores rurais a utilizarem técnicas conservacionistas em suas propriedades é se o mesmo está atendendo às legislações ambientais vigentes, haja vista que em vários locais estas leis são desrespeitadas.

Vários municípios estão incentivando os produtores rurais na conservação da água, citando-se os municípios de Delfim Moreira, Extrema e Montes Claros, ambos localizados no estado de Minas Gerais, conforme será abordado posteriormente.

Valente & Gomes (2003) ressaltam que o produtor rural necessita não só ser considerado no Sistema, mas também ser apoiado financeiramente para que possa cuidar adequadamente daquela parte da bacia que está sob seu domínio exploratório. Mas, para que isto aconteça não será apenas com o rigor das leis e nem com o aumento indiscriminado de faixas protetoras e de áreas de preservação permanente que o problema será sanado.

Além disto, Valente & Gomes (2003) comentam ainda que as áreas produtivas nunca vão se resumir às superfícies das bacias hidrográficas, que precisam ser tratadas como um todo, como corporações de propriedades e de produtores rurais.

Conforme citado anteriormente, vários municípios já estão realizando esforços para incentivar os produtores rurais a adotarem técnicas de manejo ambiental que contribuam para a conservação do solo, bem como para a garantia de água na região.

O município de Delfim Moreira criou em 1999 uma Lei complementar que autoriza o executivo a estimular a proteção das nascentes de água no município.

Até o momento não existem registros na Prefeitura Municipal de Delfim Moreira de proprietários rurais que fizeram solicitações de recursos para o estabelecido na lei citada anteriormente.

Existe em Delfim Moreira o caso prático de um Complexo Turístico que está realizando um trabalho de Gestão Ambiental Integrada, que contempla a recuperação de dezessete nascentes, bem como técnicas de conservação de solo como criação de bacias de contenção entre outras atividades. Até o momento, quatro nascentes já foram recuperadas.

No Município de Montes Claros, por meio da criação da Lei n°. 3.545 de 12 de abril de 2006, foi estabelecida a política e normas para o ECOCRÉDITO, que de acordo com o Art 1º estabelece que o ECOCRÉDITO seja um crédito

ambiental que tem por objetivo incentivar os produtores rurais do município de Montes Claros a delimitar dentro de suas propriedades áreas de preservação ambiental, destinadas à conservação da biodiversidade.

O produtor que declarar uma área como de preservação ambiental terá um incentivo do governo municipal, denominado ECOCRÉDITO, equivalente a 5 UPF's (Unidade Padrão Fiscal) por hectare/ano.

No estado de Santa Catarina existe uma estrutura de compensação financeira pelos benefícios ambientais gerados na agricultura, desenvolvido pelo Programa de Microbacias 2. Este programa baseia-se em três linhas de ação, que são a melhoria dos recursos naturais e do meio ambiente, a melhoria da habitação e a melhoria da renda. Uma das alternativas de melhoria para os recursos naturais e meio ambiente visa apoiar a implantação de práticas conservacionistas nas propriedades que não sejam rotineiramente utilizadas pelos beneficiários. O limite de compensação é de 80% do valor de R\$ 600,00 por beneficiário, observando o limite máximo de apoio para cada prática (Pellizetti, 2007).

No Plano Integrado de Desenvolvimento Florestal Sustentável de Suporte ao Programa de Revitalização da Bacia dos São Francisco nos Estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Distrito Federal (PIDF-SF), desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) em 2007, no capítulo Desenvolvimento Institucional, é sugerida a criação de mecanismos-modelo para avaliação de bens e serviços ambientais, como por exemplo, a criação de um programa denominado 'Bolsa Verde'. Neste programa, os produtores seriam remunerados pelas APP's efetivamente cercadas e conservadas, desde que cumpram as premissas da lei (Código Florestal). Na proposta, é sugerida como base de pagamento a mesma metodologia comumente utilizada para arrendamento de pastagens, onde o uso da terra é remunerado em 65% do preço do litro de leite/ha.dia. Atualmente, o valor médio do litro de leite pago ao produtor é de R\$

0,66, assim o valor a ser pago ao produtor seria de R\$ 154,44/ha.ano. Foi aprovado em 2º Turno no dia 06 de agosto de 2008 o Projeto de Lei 952/07 que cria a Bolsa Verde. Da forma que foi aprovado o PL 952/07, ficam alteradas as Leis 13.199, de 1999 (que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos) e 14.309, de 2002 (que trata das políticas florestais e de proteção à biodiversidade). Os recursos para pagamento da Bolsa Verde serão provenientes da vinculação de parte do Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (Fhidro) (Boletim Informativo, 2008). As condições propostas pela PL 952/07 foram regulamentadas pela Lei 17727 de 13 de agosto de 2008, que dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde.

O município de Baependi, por meio da parceria entre a ONG Amanhãgua, UFLA, IEF e PROMATA está incentivando os produtores rurais a plantarem a Candeia (espécie nativa) nas áreas de preservação permanente, recebendo R\$ 140,00 por hectare/ano, durante quatro anos.

Em Itamonte foi criado o projeto denominado “Atitude Verde”, por meio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Agropecuário e Meio Ambiente. A meta estabelecida para 2008 no programa é de apoiar a regeneração natural induzida com cercamento de 350 ha. Nesta modalidade o incentivo é de R\$ 140,00 por hectare para a recuperação total da área, sendo o previsto, 40 ha com um incentivo financeiro de R\$ 300,00 por hectare. Ressalta-se que a origem do recurso financeiro é oriunda de um convênio feito com o Instituto Estadual de Florestas – IEF/PROMATA e a Valor Natural.

No Município de Extrema, por meio da Lei 2.100 de 21 de dezembro de 2005, foi criado o Projeto Conservador das Águas, autorizando o executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais. Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto 1703, em 06 de abril de 2006.

Desde 2001 o Município de Extrema vem desenvolvendo ações que incentivam os produtores rurais a adotarem práticas conservacionistas em suas propriedades rurais. O Município de Extrema pertence ao Comitê PCJ e seus rios contribuem para a formação do Sistema Cantareira.

Com intuito de conhecer melhor o potencial hídrico do Município, sobre coordenação da Secretaria de Meio Ambiente de Extrema, foi realizado um diagnóstico ambiental que pudesse demonstrar a situação dos recursos hídricos. Com a realização destes estudos permitiu-se estabelecer locais para a implantação das ações de preservação da biodiversidade, cobertura vegetal, proteção dos mananciais, saneamento e conservação do solo.

O projeto Conservador das Águas do Município de Extrema visa a promover o uso sustentável do solo por meio da gestão ambiental do território, ampliar o modelo de comando e controle por meio da introdução de um instrumento econômico, e também implantar o pagamento por serviços ambientais, utilizando para isto os recursos da cobrança pelo uso da água. O projeto será implantado por sub-bacia hidrográfica, seguindo critérios a serem definidos pelo Departamento de Serviços Urbanos e Meio Ambiente. O valor de referência (VR) será de 100 Unidades Fiscais de Extrema (UFEX) por hectare (ha) por ano. Em 2008, o valor estabelecido por hectare foi de R\$ 159,00.

A idéia central deste programa parte do princípio do poluidor pagador ao provedor-recebedor, da cobrança pelo uso da água ao incentivo do conservador de água. Os idealizadores deste programa acreditam que é justo dar apoio ao proprietário rural que aplique recursos para preservar e conservar os mananciais e que as boas práticas adotadas para melhorar a oferta e a qualidade de recursos hídricos devem ser remuneradas como fator de estímulo e de renda. O Município de Extrema já vêm realizando tal prática.

No mês de junho de 2007, o Programa Conservador das Águas do Município de Extrema recebeu outro incentivo para avançar nos trabalhos já

realizados. Foi lançado em Piracicaba, SP, o projeto-piloto do Programa Produtor de Água, da Agência Nacional de Águas (ANA), que incentiva produtores rurais a adotarem boas práticas de conservação de água e solo, como, por exemplo, o plantio de matas ciliares ou a conservação de matas nativas. Em contrapartida, os produtores rurais serão remunerados pelos trabalhos realizados de conservação de água e solo, procedimento que se insere na tendência mundial de pagamento de serviços ambientais.

Os Comitês das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Comitês PCJ) aprovaram o primeiro projeto dentro do Programa Produtor de Água, denominado “Difusão e Experimentação de um Sistema de Pagamentos por Serviços Ambientais para a Restauração da ‘Saúde Ecológica’ de Microbacias Hidrográficas dos Mananciais da Sub-bacia do Cantareira”. A iniciativa será colocada em prática inicialmente nas sub-bacias definidas pelo Plano de Bacia das bacias PCJ como prioritárias para a produção de água: do ribeirão Moinho (Nazaré Paulista-SP), do ribeirão das Posses (Extrema-MG) e do ribeirão Cancan (Joanópolis-SP).

A ação conjunta envolvendo todas as instituições participantes do projeto prevê o apoio técnico e financeiro para iniciativas de conservação de solo, readequação de estradas vicinais, recuperação e proteção de nascentes, reflorestamento de áreas de preservação permanente (APPs), saneamento ambiental e o pagamento de incentivos aos produtores que comprovadamente contribuirão para a proteção e recuperação de mananciais, o que beneficia a população da região. Todas as instituições envolvidas no Programa têm a previsão de investir cerca de R\$ 4 milhões na iniciativa.

Nas sub-bacias do Cancan e do Moinho, onde serão utilizados recursos dos Comitês PCJ para remuneração dos serviços ambientais, o projeto-piloto prevê o pagamento de incentivos somente depois da implantação parcial ou total das ações e práticas conservacionistas previamente contratadas. No caso da sub-

bacia do ribeirão Posses, os pagamentos serão feitos durante a execução das ações, com recursos da Prefeitura de Extrema.

Os valores a serem pagos aos produtores serão calculados conforme a redução da erosão e da sedimentação, proporcionada pelas práticas implantadas, e pela melhoria da cobertura vegetal da bacia. Também será analisada a eficácia destas ações na redução da poluição difusa e no aumento da infiltração de água no solo.

Os produtores que já adotam efetivas medidas conservacionistas nas microbacias selecionadas receberão incentivos para continuarem agindo de modo ecologicamente correto, tendo como valores de referência as práticas já adotadas.

Para os produtores que já mantêm áreas florestadas, o valor do incentivo é feito com base na disponibilidade que eles têm de apoiar a recuperação das Áreas de Proteção Permanente (APPs) existentes nas propriedades. O valor cresce conforme o percentual das APPs recuperadas e com o cuidado que o produtor rural tem com suas áreas florestadas.

Existem outras experiências internacionais, como a do estado de Nova York (EUA), que há dezoito anos criou um projeto em parceria com fazendeiros localizados nas cabeceiras das nascentes que abastecem a cidade. Em contrapartida, os produtores não precisaram investir em tratamento de água, pois por meio destas parcerias existem várias modalidades de conservação como aluguel de áreas a serem preservadas, criação de tanques para armazenamento de estrumes de gados, pontes para passagem de caminhões de madeiras entre outras ações. Este é um grande exemplo de sucesso na proposta de pagamento por serviços ambientais.

Observa-se que já existem vários avanços no que se refere ao Programa Produtor de Água, porém ainda se faz necessário obter indicadores que demonstrem com maior praticidade as contribuições dos produtores rurais em

função das ações tomadas, sendo este um dos desafios do presente trabalho. Além deste ponto, observa-se também a falta de definições sobre a origem dos recursos financeiros para custear tal programa, da Cobrança pelo uso da água, da iniciativa privada ou de outras fontes.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

As áreas escolhidas para o estudo compreendem as bacias hidrográficas do Ribeirão Marcela e Ribeirão Lavrinha. O Ribeirão Marcela está situado nas proximidades da comunidade do Jaguara, município de São João Del Rei e Nazareno, MG. Esse ribeirão drena área aproximada de 470 ha, à margem direita do córrego do Jaguara, que deságua diretamente no reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos/CEMIG. Situa-se entre as coordenadas geográficas 21° 14'24" e 21° 15'54" de latitude Sul e 44° 29'24" e 44° 30'54" de longitude Oeste, estando inserida na Unidade Geomorfológica Planalto Campos das Vertentes. O Ribeirão Lavrinha drena uma área de 687 há e deságua diretamente no Rio Grande, principal formador do Reservatório da UHE Camargos/CEMIG, MG. Situa-se entre as coordenadas geográficas 22° 06'53" e 22° 08'31" de latitude Sul e 44° 26'25" e 44° 28'40" de longitude Oeste, entre as altitudes de 1159m e 1737m, no município de Bocaina de Minas. As sub-bacias estudadas estão localizadas na região Alto Rio Grande, MG e pertencem à Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) Alto Rio Grande (GD1).

O Rio Grande nasce no estado de Minas Gerais, na Serra da Mantiqueira, próximo à divisa com o estado do Rio de Janeiro, no município de Bocaina de Minas, sendo um dos principais afluentes do rio Paraná. Tem um grande destaque no contexto estadual e nacional no que se refere à produção de energia elétrica. Após percorrer 1300 km, recebe a afluência do rio Paranaíba, na divisa dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, formando o rio Paraná.

A escolha destas sub-bacias se deve ao fato das mesmas estarem sendo monitoradas em termos hidrológicos, climáticos e sedimentológicos pelo Grupo de Pesquisa de Água e Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), facilitando o acesso às informações.

A inserção das bacias hidrográficas estudadas no contexto regional e estadual, pode ser visualizada na FIGURA 3.

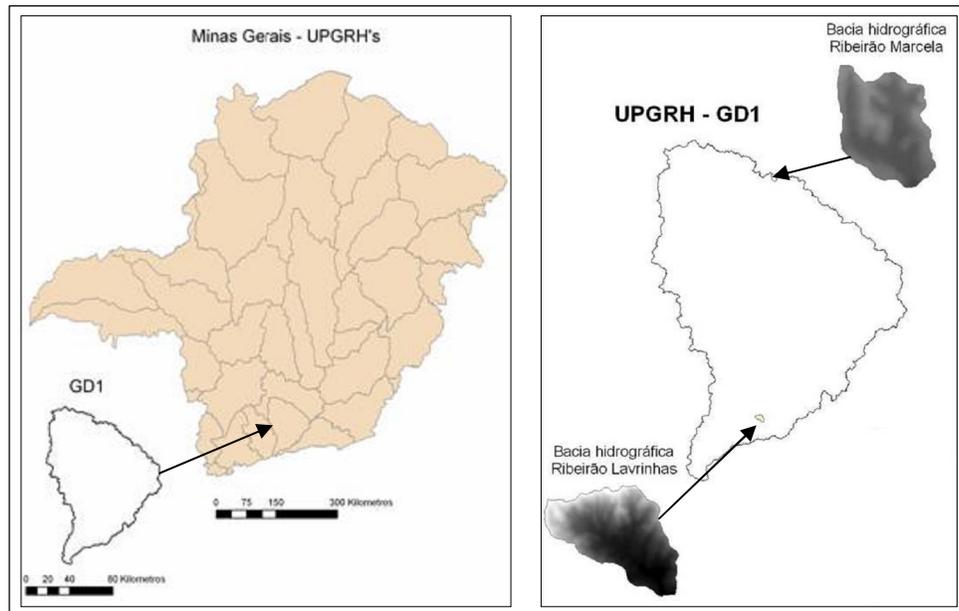


FIGURA 3 Identificação geográfica das sub-bacias hidrográficas estudadas.

Na FIGURA 4 observa-se o modelo digital de elevação bem como a hidrografia das bacias estudadas.

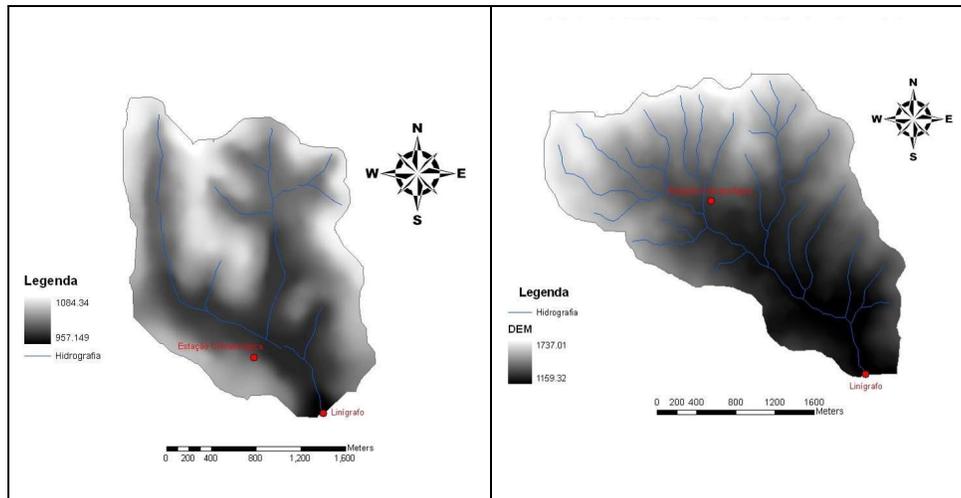


FIGURA 4 Modelo de elevação digital e hidrografia das sub-bacias hidrográficas Marcela e Lavrinha.

Os solos da sub-bacia do Ribeirão Marcela são formados por 59,70% de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico (LAd), ocorrendo principalmente em locais de relevo ondulado, nos topos e sopés das elevações. O Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) ocupa cerca de 11,62% da bacia, ocorrendo de forma mesclada com o LAd. Os cambissolos (CXd) ocupam 5,87% da área, estando presentes em locais mais íngremes, já os solos hidromórficos (RUd) compreendem as várzeas, refletindo 22,82% da área. Na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha, mais de 60% da área possui o cambissolo háplico (CX), predominantemente na margem esquerda e na cabeceira do curso d'água principal. O restante da área possui Gleissolos médio a pouco profundos e Neossolo moderado e proeminentes com mosqueados. Os tipos de solos das duas sub-bacias são apresentados na FIGURA 5.

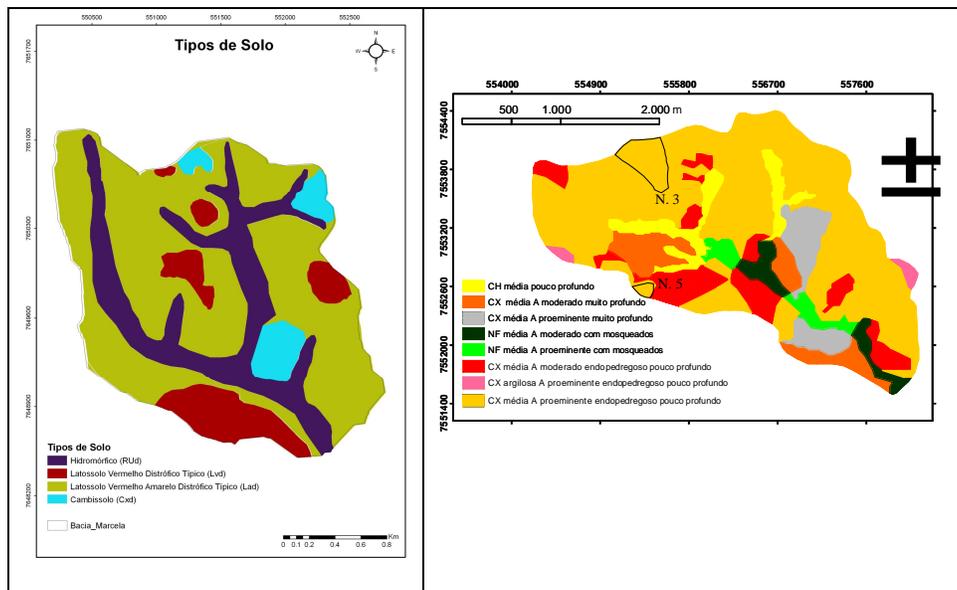


FIGURA 5 Tipos de solo das sub-bacias Marcela e Lavrinha.

O clima na região da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela é do tipo Cwa, caracterizado como temperado com verões quentes e úmidos e invernos secos e frios. A temperatura média anual está em torno de 19,2° C. O Ribeirão Marcela possui uma extensão de 3.529 m, desde a nascente até a seção de controle da sub-bacia. Sua nascente encontra-se a 1.036 m de altitude e, na seção de controle, a 957 m de altitude.

A principal atividade econômica desta sub-bacia hidrográfica é a pecuária leiteira. Possui em toda sua extensão um total de sete propriedades rurais, onde reside uma população de 17 habitantes. São criadas 142 cabeças de gado leiteiro. A captação de água para abastecimento é feita próximo às nascentes dos tributários do ribeirão principal.

Na TABELA 11 é possível visualizar os principais usos/ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela.

TABELA 11 Usos/ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

<b>Uso atual do solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Pastagem	354,78	75,49
Milho	79,73	16,96
Mata	19,83	4,22
Eucalipto	9,13	1,94
Estrada	3,27	0,70
Café	1,73	0,37
Cana	1,53	0,33
<b>TOTAL</b>	<b>470,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Gomes (2008).

O clima da região do Ribeirão Lavrinha, segundo classificação de Koppen, é do tipo CWb, caracterizado como mesotérmico de verões brandos e suaves, com estiagem de inverno. A temperatura média anual está em torno de 18°C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 25,6°C e 13,1°C, respectivamente, com ocorrências de geadas, anualmente, nos meses de junho e julho.

A principal atividade econômica da região é a pecuária leiteira. Existem na sub-bacia 131 cabeças de gado distribuídas nos pastos da área, juntamente com 36 carneiros.

Na TABELA 12 encontram-se as classes de uso atual do solo presentes na sub-bacia, com as respectivas áreas. Observa-se a predominância de ocupação por mata nativa e pastagem, devido à pecuária leiteira, seguida de regeneração e, por último a ocupação por várzea.

TABELA 12 Usos/ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha

Uso atual do solo	Área (ha)	Percentual (%)
Mata Nativa	284,8	41,5
Pastagem	277,8	40,4
Regeneração natural	90,9	13,2
Vegetação de várzea	33,5	4,9
<b>TOTAL</b>	<b>687,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Pinto (2007).

A FIGURA 6 ilustra os principais usos do solo das sub-bacias Marcela e Lavrinha.

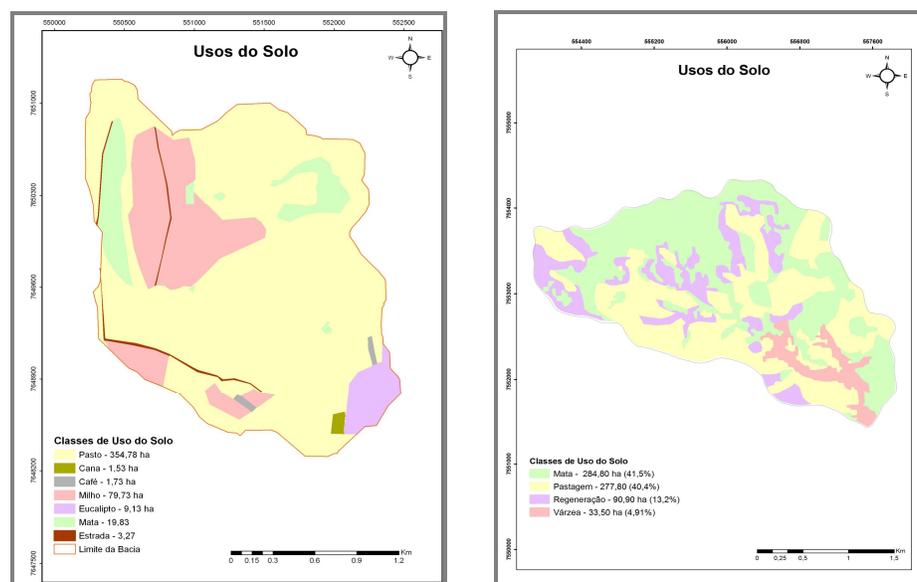


FIGURA 6 Uso e ocupação do solo das sub-bacias Marcela e Lavrinha.

### 3.2 Metodologia

A metodologia utilizada teve por objetivo o desenvolvimento de critérios para aplicação do “Programa Produtor de Água”. Os critérios propostos contemplam aspectos referentes à qualidade e à quantidade de água. O aspecto

denominado qualidade de água foi definido por meio da integração após a fuzzificação dos mapas de declividade, tipo de solo e uso do solo, da técnica denominada Análise Hierárquica Ponderada (AHP). Para a utilização da Técnica AHP necessita-se definir pesos para cada integração de duas variáveis. Estes pesos devem ser definidos de acordo com a experiência de especialistas, resultando, portanto em um indicador denominado Potencial de Erosão. O aspecto quantidade de água utilizou dados de total precipitado por evento chuvavazão monitorado nas bacias estudadas durante o ano hidrológico 2006-2007, ou seja, foram selecionados eventos de chuva natural que provocaram escoamentos superficiais diretos extraídos conforme Tucci (2005) e subtraídos do total de evapotranspiração do mesmo período. Todos os mapas foram fuzzificados e seguiram a mesma sequência do aspecto qualidade, resultando em um indicador denominado Potencial de Armazenamento. Após a definição dos dois indicadores Potencial de Erosão e Potencial de Armazenamento, definiu-se o Indicador de Produção de Água (IPA), por meio da integração da técnica Análise Hierárquica Ponderada (AHP).

Para a confecção de todos os mapas de caracterização da unidade de planejamento utilizou-se um sistema de informações geográficas – SIG, mais especificamente o Software SPRING 4.3.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A integração das variáveis foi feita por meio da ferramenta de suporte à decisão, denominada Análise Hierárquica Ponderada (AHP), disponível no software SPRING 4.3.3, possibilitando a obtenção do IPA. A técnica AHP está baseada na Inferência Fuzzy Ponderada (IFP), por isto, se fez necessário a fuzzificação de todas as variáveis de entrada. O arranjo geral da metodologia aplicada é demonstrado na FIGURA 7, apresentada em sequência.

No desenvolvimento da metodologia adotaram-se os seguintes pressupostos:

- A bacia hidrográfica pode ser considerada uma única unidade de gestão, podendo também ser subdividida em várias unidades de gestão, como por exemplo, uma sub-bacia, o entorno de um reservatório, uma sub-região com características semelhantes, de acordo com Mattos (2003);

- A unidade de gestão é formada por um conjunto de propriedades rurais;

- É o conjunto das propriedades rurais que é responsável pelo nível de produção de água na unidade de gestão.

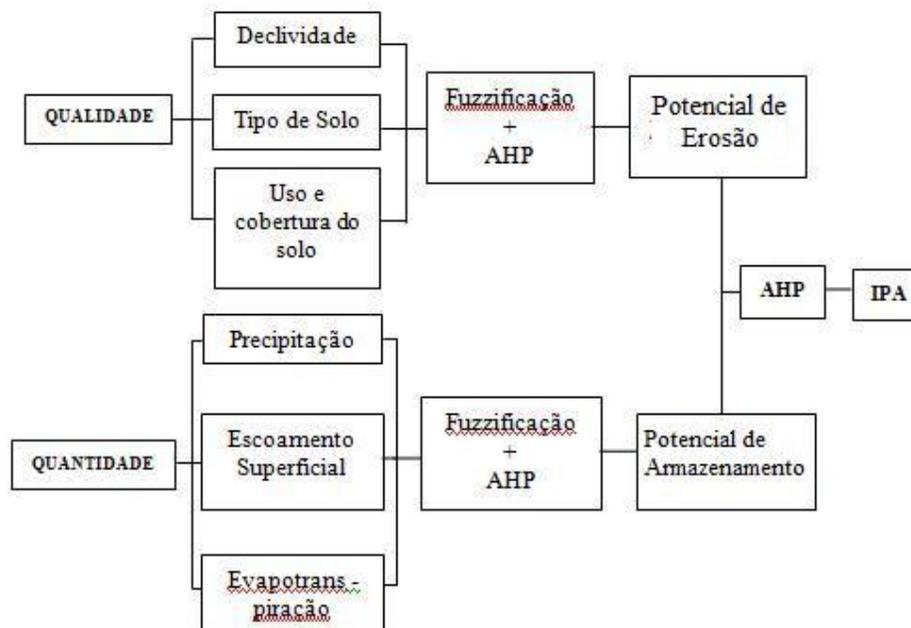


FIGURA 7 Fluxograma da metodologia para definição do IPA.

### 3.2.1 Levantamento de dados da unidade de gestão

Os dados necessários para caracterização da unidade de gestão, tais como características econômicas, ambientais, físicas, existência de práticas conservacionistas, alterações no uso do solo e remanescentes florestais, foram coletados em trabalhos de campo e em escritório. Porém, grande parte das informações foi obtida pela análise de estudos anteriores desenvolvidos pela

equipe de pesquisadores do Grupo de Pesquisa de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Lavras.

A caracterização da unidade de gestão é de fundamental importância, pois trata-se de uma ferramenta que subsidia o desenvolvimento de toda análise, pelo fato de salientar as potencialidades e restrições das áreas de estudo.

Em sequência, são apresentadas as categorias das classes utilizadas para cada variável de entrada dos aspectos qualidade e quantidade:

### Aspecto qualidade

O arranjo da declividade é definido na TABELA 13:

TABELA 13 Importância das classes de declividades nos processos erosivos.

<b>Categorias hierárquicas</b>	<b>Classes de Declividade</b>
Baixa	Até 8%
Média	De 8 a 20%
Alta	> 20%

Fonte: Adaptado de Ross (1994) apud Ruhoff (2004)

Na TABELA 14 apresentam-se as classes de erodibilidade dos solos, segundo Ross (1994) apud Ruhoff (2004), considerando-se o escoamento superficial difuso e concentrado.

TABELA 14 Importância dos tipos de solos na ocorrência de processos erosivos.

<b>Categorias hierárquicas</b>	<b>Classes de Solos</b>
Baixa	Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho amarelo de textura argilosa, Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo de textura média argilosa
Média	Latossolo Vermelho amarelo, Nitossolo Vermelho, Chernossolo, Argissolo Vermelho-Amarelo de textura media argilosa
Alta	Argissolo Vermelho-Amarelo de textura médio-arenosa, Neossolos Litólicos, Cambissolos e Areias Quartzosas

Fonte: Adaptado de Ross (1994) apud Ruhoff (2004)

Seguindo a classificação estabelecida por Ross (1994) apud Ruhoff (2004) adaptada para o presente estudo, apresentam-se na TABELA 15 as ocorrências de processos erosivos a partir das classes de uso e cobertura do solo.

TABELA 15 Importância da cobertura vegetal nos processos erosivos.

<b>Categorias Hierárquicas</b>	<b>Classes de Uso do Solos</b>
Baixa	Florestas e matas naturais com biodiversidade Formações arbustivas naturais, matas secundárias, cerrados e capoeiras
Média	Cultivos de ciclos longos, pastagens com baixo pisoteio de gado, silvicultura
Alta	Culturas de ciclo longo com baixa densidade, culturas de ciclo curto, áreas desmatadas, solo exposto, agricultura não-conservacionista

Fonte: Adaptado de Ross (1994) apud Ruhoff (2004)

### **Aspecto quantidade**

Para a definição da Precipitação foram utilizados dados das Estações Meteorológicas instaladas uma na sub-bacia do Ribeirão Marcela e outra na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha. A FIGURA 8 ilustra o modelo das estações instaladas.



FIGURA 8 Estação metereológica da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela e Lavrinhas.

Os dados de precipitação das sub-bacias hidrográficas do Ribeirão Marcela e Lavrinha foram obtidas a partir de uma seleção de eventos de chuva-vazão do ano de 2006 e 2007, oriundos das estações meteorológicas instaladas nas sub-bacias hidrográficas estudadas. Foram selecionados eventos de chuva natural que provocaram escoamentos superficiais diretos extraídos conforme Tucci (2005), considerando períodos diferentes ao longo do ano (período úmido e seco). Na FIGURA 9 pode-se observar que o período úmido compreende de outubro a março e o seco de abril a setembro. Como forma de validação dos dados calcularam-se alguns indicadores como Precipitação total, Vazão média anual e Evaporação anual estimada.

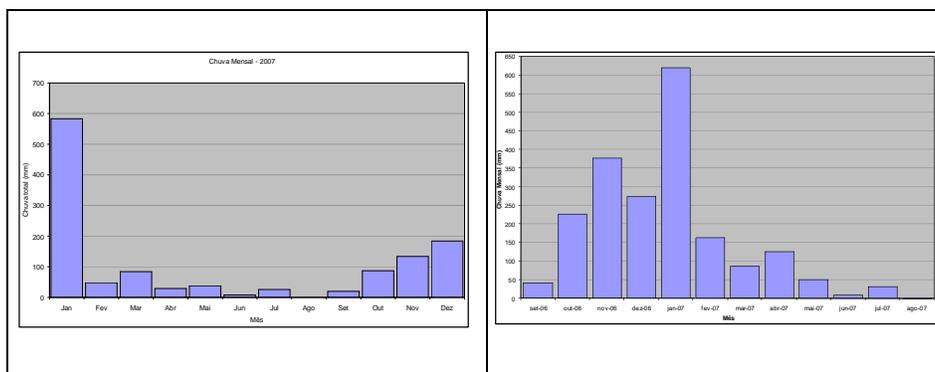


FIGURA 9 Dados meteorológicos da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela (Jan a Dez/2007) e Lavrinha (Set/2006 a Ago/2007)

Para a definição do Escoamento Superficial utilizou-se o modelo empírico desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (*United States Soil Conservation Service – SCS*). O modelo leva em consideração o grupo hidrológico e o tipo de cobertura do solo, a condição hidrológica e a umidade antecedente.

De acordo com Barreto-Neto et al. (2008), na aplicação do modelo SCS, as características físicas da bacia, tais como o grupo hidrológico do solo (GHS), tipo de cobertura superficial, condição hidrológica, tipo de tratamento e condição de umidade antecedente são de fundamental importância, uma vez que a combinação destas características determina a escolha do parâmetro curva número (CN), que estima o escoamento superficial gerado por uma chuva. O CN é um parâmetro adimensional que varia de 0 (sem geração de escoamento superficial) a 100 (toda chuva é convertida em escoamento superficial em uma grande quantidade de bacias, com uma ampla variedade de tipos de solo).

Para o cálculo do CN na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela e Lavrinha utilizou-se o software IPHS1, conforme demonstrado na FIGURA 10, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e colaboradores. O grupo hidrológico de toda área da sub-

bacia do Ribeirão Marcela foi considerado como B (média capacidade de infiltração) e da sub-bacia do Ribeirão Lavrinha como D (baixa taxa de infiltração), conforme Silva (2006). A equação final para o cálculo do volume do escoamento superficial direto  $Q$ (mm) é:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (13)$$

Sendo  $P$  a precipitação (mm) e  $S$  o máximo potencial de infiltração após início do escoamento superficial. O valor de  $S$  é determinado pela equação:

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad (14)$$

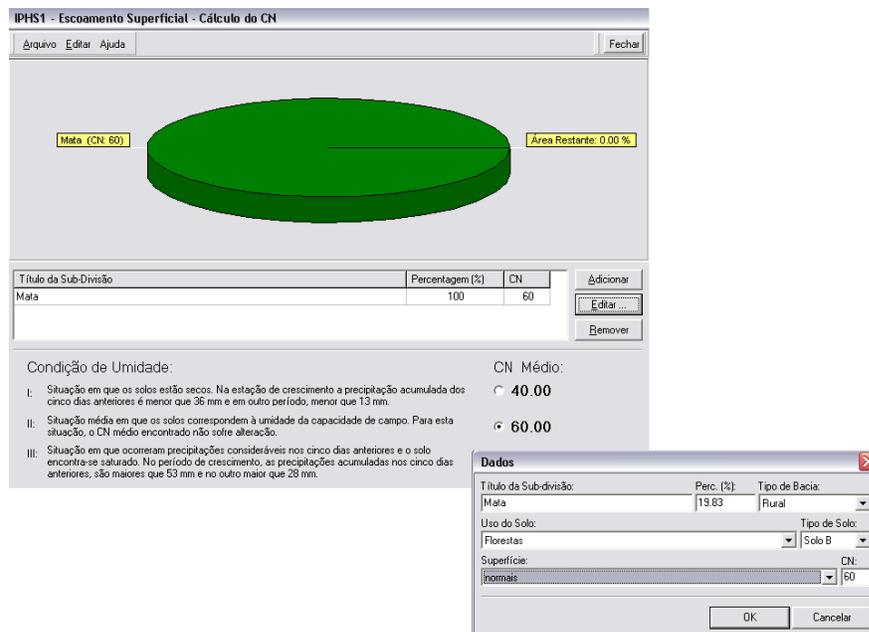


FIGURA 10 Definição do CN no software IPHS1.

A evapotranspiração foi calculada utilizando-se a equação de Penman, pois além de ser a mais utilizada, leva em consideração a vegetação, ou seja, é

alterada pelo uso e manejo do solo realizado na bacia. A equação de Penman é apresentada abaixo:

$$E_0 \text{ [mm/dia]} = \frac{\left( \frac{\Delta}{\delta} \frac{q_{ef}}{L} + E_i \right)}{\left( \frac{\Delta}{\delta} + 1 \right)} \quad (15)$$

Onde:

- Termo aerodinâmico:  $E_i = 0,35 \left( 0,5 + \frac{w}{160} \right) (e_s - e_a)$ , onde  $w$  é a velocidade do vento em km/dia,  $e_s$  é a tensão de vapor saturado (mmHg),  $e_a$  é a tensão parcial de vapor de água (mmHg);
- $e_s = 4,58 \times 10^{\frac{7,5T}{237,3+T}}$ , onde  $T$  é a temperatura em °C;
- $e_a = \frac{U \times e_s}{100}$ , onde  $U$  é a umidade relativa (%);
- $\frac{\Delta}{\delta} = \frac{38640 \times 10^{\frac{7,5T}{237,3+T}}}{(237,3+T)^2}$ , sendo a  $T$  (° C);
- $\frac{q_{ef}}{L} = \frac{\left[ G(1-a) - \sigma T^4 (0,56 - 0,09 e_a^{1/2}) (0,1 + 0,9 p) \right]}{L}$ , na qual  $q_{ef}$  é radiação efetiva (mm/dia);  $L$  é o calor latente de vaporização (59 cal/cm<sup>2</sup>.mm),  $a$  é o albedo,  $T$  é temperatura em K;  $s$  é a constante de Stefan-Boltzman (1,19.10<sup>-7</sup> cal/cm<sup>2</sup>.d.dia/K<sup>4</sup>),  $p$  é a proporção entre horas efetivas de brilho solar,  $G$  é radiação incidente de onda curta (cal/cm<sup>2</sup>.dia);

- $G = R_t (0,24 + 0,58p)$ , onde  $R_t$  é radiação no topo da atmosfera (cal/cm<sup>2</sup>.dia).

Os valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura foram obtidas da estação meteorológica da bacia Marcela e Lavrinha que é gerenciada pelo Grupo de água e solo da UFLA. Os valores de  $R_t$  e  $p$  são Tabelados e foram retirados de (Tucci, 1993). A TABELA 16 apresenta valores de Albedo sugeridos para diferentes coberturas de solo.

TABELA 16 Valores de albedo das principais coberturas vegetais na bacia do ribeirão Marcela

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Albedo</b>	<b>Referência Bibliográfica</b>
Mata	0,120	Galvão (2000)
Cana	0,165	Souza (2008)
Pasto	0,180	Galvão (2000)
Milho	0,215	Rocca (1988), apud Leivas et al. (2007)
Café	0,175	Oliveira, et al. (2001)
Eucalipto	0,250	Soares (2002)
Regeneração	0,240	Grodzki et al. (2004)
Várzea	0,150	Soares (2003)
Floresta	0,120	Galvão (2000)
Ombrófila mista		
Estrada	0,300	Raudkivi (1979), apud por Tucci (1993)

Os valores de evapotranspiração foram calculados proporcionalmente às áreas para os quatro eventos selecionados das sub-bacias Marcela e Lavrinha conforme Anexo A.

### 3.2.2 Inferência fuzzy ponderada

Conforme mencionado anteriormente, foi realizado o processo de fuzzificação de todos os mapas para posterior integração dos mesmos utilizando a Análise Hierárquica Ponderada (AHP).

A aplicação da técnica de inferência fuzzy sob as variáveis de entrada foi realizada no software SPRING 4.3.3, por meio de rotinas de programação realizadas na ferramenta LEGAL, conforme FIGURA 11.

Após se aplicar a técnica de inferência fuzzy sob as variáveis de entrada, pode-se fazer a integração das mesmas utilizando a ferramenta de suporte à decisão AHP (Processo Analítico Hierárquico). Neste procedimento, os diferentes fatores são analisados e comparados entre si por meio de um critério de importância relativa, conforme uma escala pré-definida, que varia de 1 a 9 (Igual Importância – Máxima Importância). Para tanto, cada parâmetro a ser avaliado recebe um valor de importância relativa que indica o seu grau de importância para a produção de água na bacia.

Para integração das variáveis utiliza-se a ferramenta de suporte à decisão AHP, disponibilizada no software SPRING, conforme FIGURA 11.

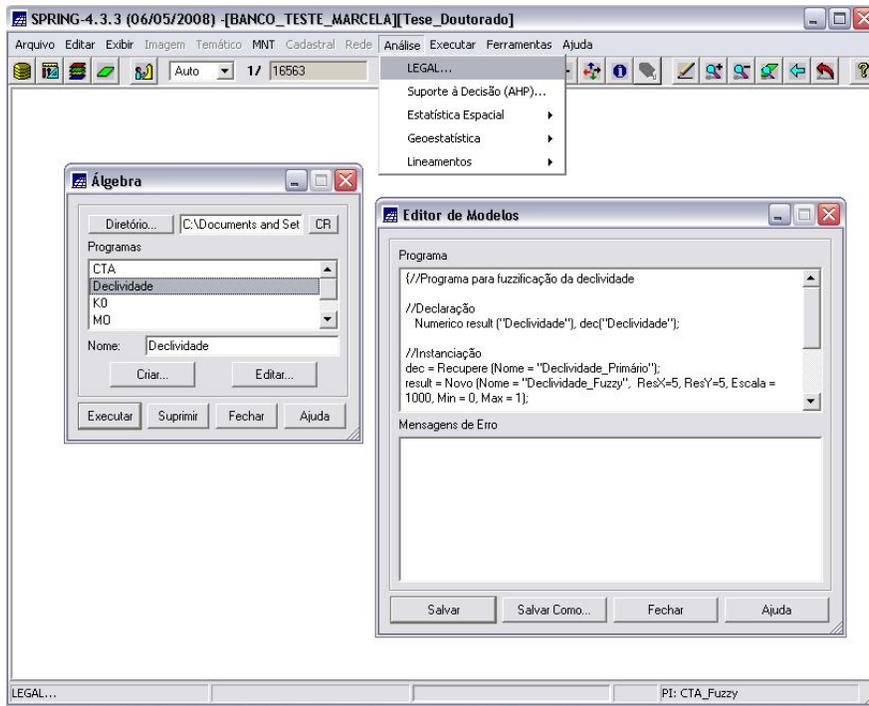


FIGURA 11 Criação de rotinas de programação na ferramenta LEGAL, para fuzzição das variáveis de entrada.

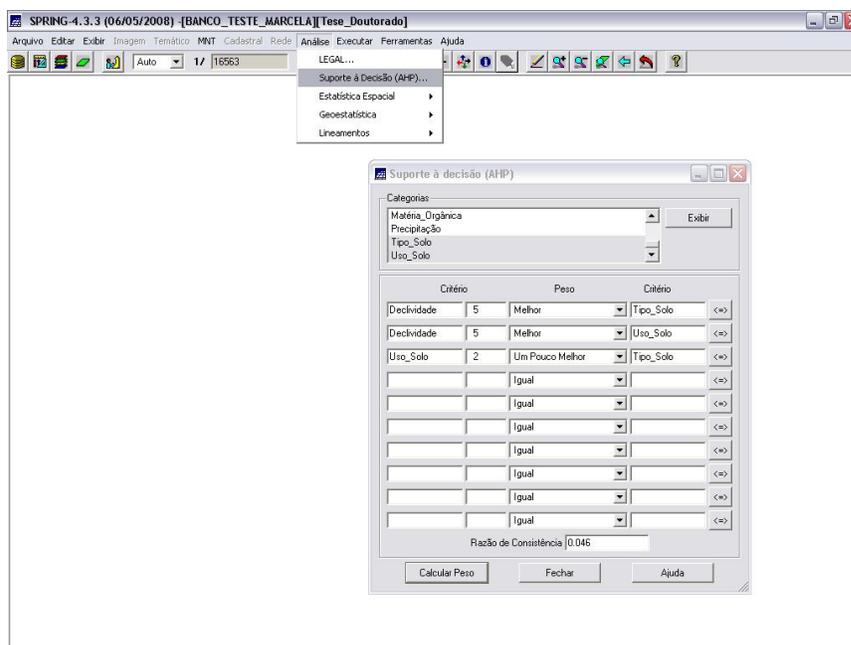


FIGURA 12 Ferramenta de suporte a decisão AHP.

### 3.2.3. Indicador de produção de água

O mapa resultante da integração dos aspectos Qualidade (Potencial de Erosão) e Quantidade (Potencial de Armazenamento) foram integrados através da AHP, resultando no Indicador de Produção de Água de cada evento de chuva escolhido.

A TABELA 17 apresenta as classes e os respectivos valores do Indicador de Produção de Água.

TABELA 17 Indicador de produção de água (IPA)

<b>Categorias hierárquicas</b>	<b>IPA</b>
Muito Fraco	0 - 20%
Fraco	20 - 40%
Médio	40 - 60%
Forte	60 - 80%
Muito Forte	80 - 100%

A divisão das categorias hierárquicas foi definida pelo autor, pois não existe nenhum critério que estabeleça uma divisão. Porém, cabe ressaltar que esta divisão pode ser alterada de acordo com cada região estudada, estratégia dos gestores em restringir ou flexibilizar mais as aplicações. Enfim, por meio deste indicador os gestores das unidades, órgãos de recursos hídricos entre outros, poderão tomar decisões sobre o incentivo financeiro aos produtores rurais, tendo em vista que este Indicador de Produção de Água da Unidade de Gestão dá subsídios para definir as áreas prioritárias de investimento tanto para incentivar aqueles que ainda não aderiram às práticas conservacionistas quanto reconhecer aqueles que já possuem práticas conservacionistas em suas propriedades. Este Indicador representa a Unidade de Gestão como um todo e não a propriedade de forma individualizada, portanto se não existir um envolvimento de todas as propriedades rurais, a unidade de gestão não terá uma produção de água satisfatória.

#### **3.2.4 Cenários**

De forma a simular os impactos hidrológicos decorrentes de alterações no uso do solo, buscou-se abordar uma tendência observada na região que é a substituição de pastagens por plantio de eucalipto. Os três cenários abordados na sub-bacia do Ribeirão Marcela foram:

- 1- substituição de 100% de pastagem por eucalipto;
- 2- consideração de 25% como área de preservação permanente (Mata) e 75% de eucalipto.
- 3- consideração de 25% como área de preservação permanente (Mata) e 75% de pastagem.

A escolha do Cenário 2 e 3 baseou-se no cumprimento de 50% do Código Florestal no que diz respeito à área de preservação permanente e de reserva legal. De acordo com a FIGURA 13, a área total que deveria ser

preservada corresponde a aproximadamente 50% da sub-bacia. Atualmente a sub-bacia do ribeirão Marcela possui aproximadamente 4% de Mata. Diante deste fato considerou-se para o Cenário 2 uma utilização de 25% de Mata e 75% de Eucalipto e para o Cenário 3, 25% de Mata e 75% de pastagem.

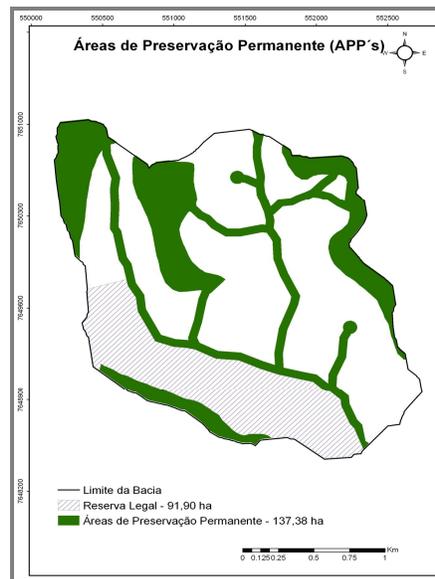


FIGURA 13 Mapa de áreas de preservação permanente e reserva legal da sub-bacia do ribeirão Marcela.

Para a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha considerou-se apenas um cenário, tendo em vista que mais de 50% da totalidade da área é composta por mata nativa e regeneração natural. Desta forma o cenário escolhido foi:

- 1- substituição de 100% de pastagem por eucalipto.

### 3.2.5 Análise econômica-financeira

Após a definição do Indicador de Produção de Água de cada unidade de gestão estudada, foi realizada a quantificação financeira dos benefícios, ou seja,

foi realizada uma proposta de incentivo ao produtor rural para a continuidade das práticas de ações conservacionistas.

Conforme citado anteriormente, a proposta deste estudo visa, por meio do Indicador de Produção de Água, a sugerir diretrizes para a aplicação do Programa Produtor de Água. O estudo adotou o seguinte critério:

- Para o IPA > 40% – reconhecer financeiramente as áreas que estiverem enquadradas neste grupo.

- Para o IPA < 40% – criar programas que incentivem as áreas que não se enquadrarem no item anterior.

Esses incentivos e programas devem ser viabilizados pelos comitês de bacias e os programas podem ser de reflorestamento, adequações de estradas rurais, criação de bacias de contenção entre outros.

Identifica-se então uma parcela de produtores rurais que será **reconhecida** por suas práticas conservacionistas ou pela preservação ambiental de suas propriedades e uma parcela de produtores rurais que será **incentivada** a adotar tais técnicas visando a propiciar o alcance da condição da primeira parcela.

Um ponto bastante discutido neste estudo e por outros estudiosos do assunto são os valores a serem pagos e de onde vem o recurso. Algumas vertentes sugerem o uso do valor arrecadado da cobrança pelo uso da água, outros o uso de Fundos de Recursos Hídricos, Prefeituras, ONG's, entre outros agentes. Porém, não analisam, em nenhum momento, se os valores propostos são suficientes para incentivar os produtores rurais a reorganizarem suas atividades econômicas em benefício da preservação ambiental.

Com os dados levantados para a criação do Indicador de Produção de Água, tanto para o uso atual quanto para os cenários propostos, será feita uma avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação do Programa Produtor de Água, visando a determinar o Valor Presente (VP), Valor Presente

Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) e, posteriormente, como complementação da análise determinística do estudo, será utilizada a Análise de Sensibilidade e a Simulação de Monte Carlo. Para a simulação serão utilizadas ferramentas do Excel e Crystal Ball, avaliando assim o risco e incertezas de implantação do Programa Produtor de Água.

De posse dos valores obtidos será possível calcular o montante necessário para ser aplicado na implantação do Programa Produtor de Água nas Sub-Bacias Hidrográficas do Ribeirão Marcela e Lavrinha.

Para subsidiar as análises fez-se necessário, num primeiro momento, fazer um levantamento de dados referente aos valores investidos, despesas, receitas esperadas para os usos atuais bem como para os cenários propostos. Como subsídio na definição de valores de terra, insumos agrícolas, produção por hectare entre outros dados necessários utilizou-se o AGRIANUAL 2009 (Anuário da Agricultura Brasileira), bem como outros trabalhos de indicadores de custos para a produção de eucalipto, grãos, pecuária leiteira.

A TABELA 18 apresenta os valores das terras com suas respectivas coberturas, segundo dados do AGRIANUAL (2009b). Para a análise do fluxo de caixa do uso atual bem como dos cenários propostos considerou-se como valor do investimento a aquisição de terra suja (nome comumente usado pelos produtores rurais), ou seja, R\$ 1.575,00 por hectare.

TABELA 18 Valores estimados da terra em função de seu uso

<b>Tipo de Terra</b>	<b>R\$/ha</b>
Pastagem	5.200,00*
Grãos	10.055,00
Mata	1.575,00
Eucalipto	3.293,00**
Café	12.525,00
Cana de açúcar	8.719,00***
Estrada	1.575,00****

\*Valor médio entre (pastagem em encosta –R\$ 5.400,00 e pastagem várzea – R\$ 5.000,00).

\*\*Referência plantio de reflorestamento em Governador Valadares-MG.

\*\*\*Referência plantio em Uberaba-MG.

\*\*\*\*Considerou-se o mesmo valor da Mata.

No que se refere à produção de Eucalipto tomou-se como base Rodigheri et al. (2007) que tratam sobre os Indicadores de Custos, Produtividade e Renda de Plantios de Eucaliptos para Energia na Região de Guarapuava - PR

Esse estudo indica que parte significativa do custo no cultivo do eucalipto, como na maioria das atividades florestais, ocorre normalmente no primeiro ano e refere-se à implantação e manutenção onde as operações mecanizadas, a mão-de-obra e as mudas são os principais itens na formação do custo no “Ano 1”, conforme Fluxo de Caixa apresentado no Anexo A.

De acordo com este estudo, a produtividade média de bons cultivos de eucalipto atinge 40m<sup>3</sup>/ha por ano, resultando numa produção de 280m<sup>3</sup>/ha no primeiro ciclo aos sete anos e estimada em 35m<sup>3</sup>/ha por ano no presente estudo. O primeiro ciclo é de sete anos.

A pastagem da área da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela e Lavrinha é utilizada, prioritariamente, para a pecuária leiteira. Atualmente são mantidas em toda a área das sub-bacias um total de 142 e 131 cabeças respectivamente. Para a análise da produção leiteira da área estudada, bem como do seu retorno financeiro, será considerado o constante na TABELA 19.

TABELA 19 Produção e produtividade dos sistemas de produção de leite

<b>Especificação</b>	<b>Sub-bacia Marcela</b>	<b>Sub-bacia Lavrinha</b>
Total rebanho	142	131
Vacas em Lactação	106	98
Vacas Secas	36	33
Período de Lactação	305 dias	305 dias
Produção média	4 l/dia/vaca	4 l/dia/vaca
Intervalo entre partos	13,88 meses	13,88 meses
Idade ao primeiro parto	23 meses	23 meses
Descarte de vacas	20%	20%
Vacas em Lactação	75%	75%
Mortalidade de Bezerros	5%	5%

Fonte: Silva (2006)

Considerou-se para o cálculo da despesa operacional, R\$ 0,6336 por litro de leite. O fluxo de caixa encontra-se no Anexo A, para um horizonte de sete anos (Anuário da pecuária Brasileira - ANUALPEC, 2008a).

Para a definição do fluxo de caixa do milho utilizou-se o custo de produção (R\$/ha), apresentado no AGRIANUAL de 2009, considerando a 1ª Safra para um horizonte de sete anos. O custo total encontrado por hectare foi de R\$ 2.423,27, com uma receita média por ha de R\$ 1.800,00, com um resultado de R\$ 623,27 por ha. O Fluxo de caixa encontra-se no Anexo A.

No caso da produção de café considerou-se um horizonte de sete anos para a produção de café tradicional no estado de São Paulo, sendo que o 1º, 2º e 3º anos referem-se à fase improdutiva (formação) e a partir do 4º ano inicia-se a fase produtiva. A base de valores também foi obtida do AGRIANUAL 2009.

Para a cana também foram utilizados dados do AGRIANUAL 2009. A cana na sub-bacia do ribeirão Marcela não é vendida para as usinas de açúcar e sim utilizada para o trato do gado leiteiro, porém, para ter uma base de receita considerou-se esta aplicação.

As áreas de mata, regeneração natural, vegetação de várzea e de estrada foram consideradas somente como terra suja.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Resultados da bacia do ribeirão Marcela e Lavrinha**

#### **4.1.1 Aspecto qualidade**

##### **4.1.1.1 Declividade**

Segundo o manual do SPRING, a declividade pode ser definida como a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal e é constituída de duas componentes: o gradiente e a exposição. O gradiente é a taxa máxima de variação no valor da elevação, que pode ser medido em graus (0 a 90°) ou em porcentagem, e a exposição é a direção dessa variação em graus (0 a 360°). O mapa de declividade do Ribeirão Marcela e Lavrinha são expressos em termos de porcentagem, e verifica-se que a declividade nestas bacias varia de 8 a 48,72% na sub-bacia do Ribeirão Marcela e de 0 a 144% na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha, abrangendo todas as classes hierárquicas de importância relativa aos processos erosivos, como pode ser observado na FIGURA 14.

Na FIGURA 14, as áreas amarelas são aquelas que apresentam declividades menores que 8%, as laranjas possuem declividades entre 8 e 20% e as vermelhas maiores que 20%, apresentando respectivamente, baixa, média e alta importância nos processos erosivos. Nota-se que a maior parcela da área da sub-bacia do Ribeirão Marcela apresenta baixa e média declividade. Já a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha apresenta a maior parte de sua área com alta declividade.

O processo de fuzzificação aplicado sob o mapa de declividade transformou os dados no espaço de referência de 0 a 1, como pode ser observado na FIGURA 15. Nesta etapa consideraram-se os valores 48,27 % e 144% respectivamente como valores centrais do domínio da função de pertinência. Dessa forma, todos os valores de declividade que se aproximam desse

referencial tendem a ter uma coloração mais clara, enquanto que os valores que se afastam desse referencial possuem coloração mais escura.

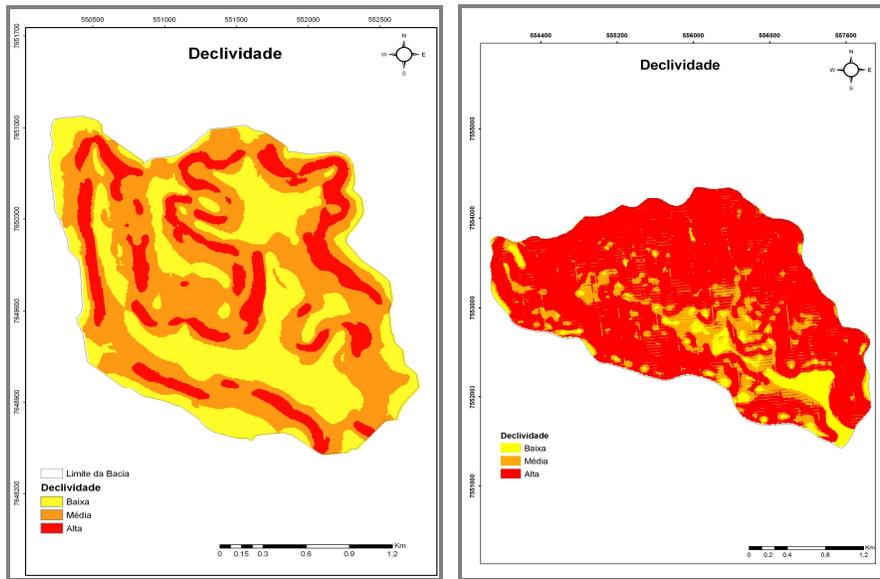


FIGURA 14 Classes de declividade das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha de acordo com sua importância relativa aos processos erosivos.

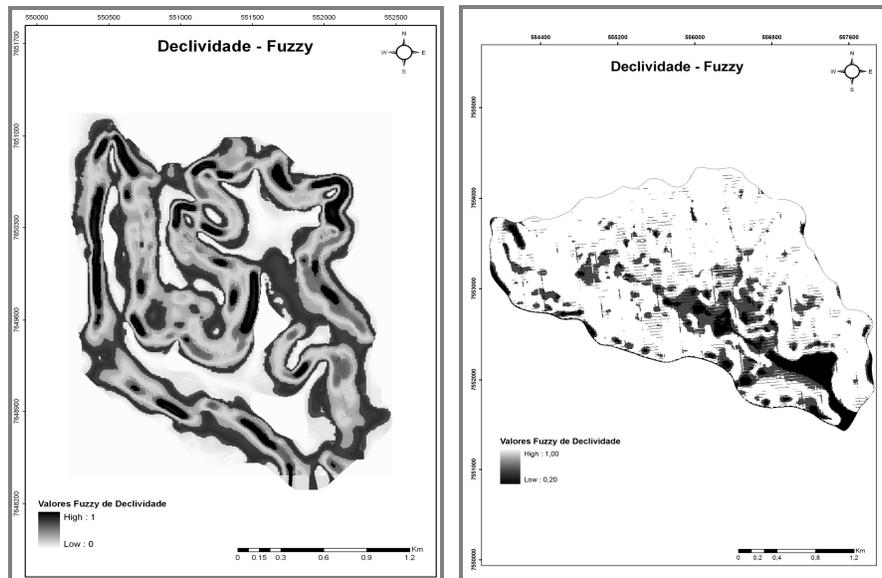


FIGURA 15 Mapa fuzzy de declividade, no qual os valores variam de 0 a 1 para as sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha

#### 4.1.1.2 Tipos de solo

A FIGURA 16 apresenta os tipos de solo de acordo com a sensibilidade a erosão nas sub-bacias do Ribeirão Marcela e Lavrinha. Nota-se que na sub-bacia do Ribeirão Marcela, 40,31 % encontram-se na classe baixa, 59,70 na classe média. Já na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha 40,0% estão na classe baixa e 60% na classe alta.

A FIGURA 17 apresenta os mapas de tipos de solo já fuzzificados; observa-se que os solos com coloração mais clara tendem a ser mais sensíveis aos processos erosivos, como é o caso dos solos hidromórficos.

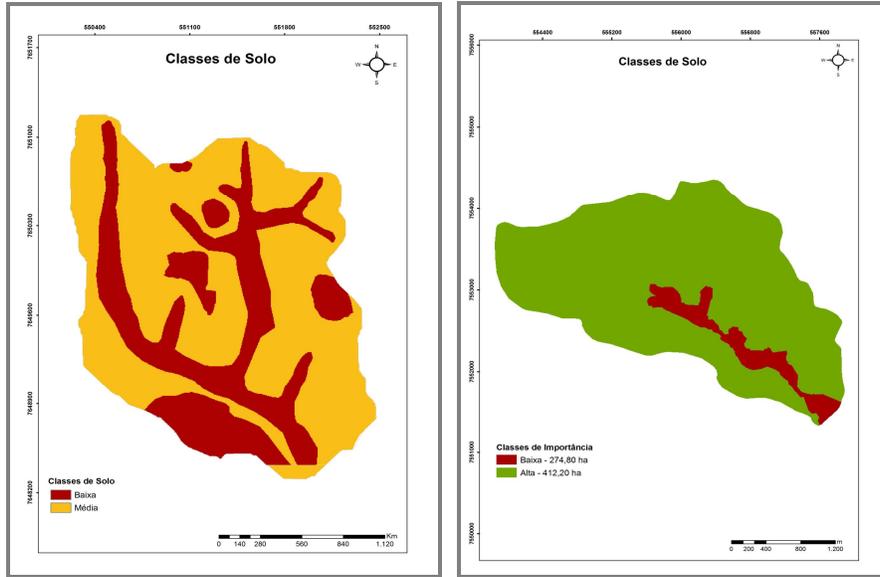


FIGURA 16 Mapa de classes de solo de acordo com a sensibilidade a erosão das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

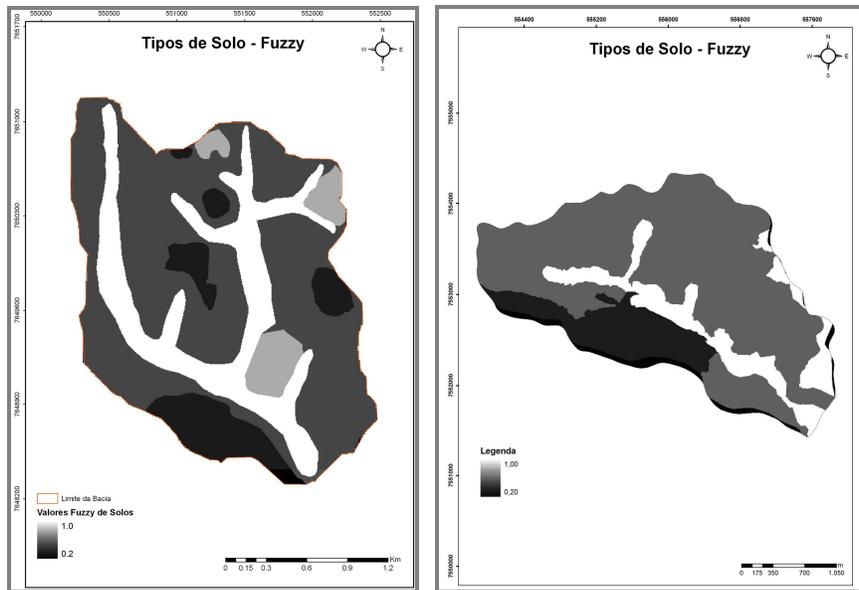


FIGURA 17 Mapa fuzzy de tipos de solo das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

#### 4.1.1.3 Uso e ocupação do solo

A distribuição espacial do uso e ocupação da bacia do Ribeirão Marcela e Ribeirão Lavrinha, no que diz respeito à importância da cobertura vegetal nos processos erosivos, são apresentadas na FIGURA 18. Na sub-bacia do Ribeirão Marcela o predomínio é de média importância da cobertura vegetal nos processos erosivos, considerando para tanto uma cobertura com pastagens sem grandes pisoteio de gado e na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha o predomínio é de baixa importância da cobertura vegetal nos processos erosivos, tendo em vista que a maior parte da área possui acentuada declividade, porém com predomínio de vegetação.

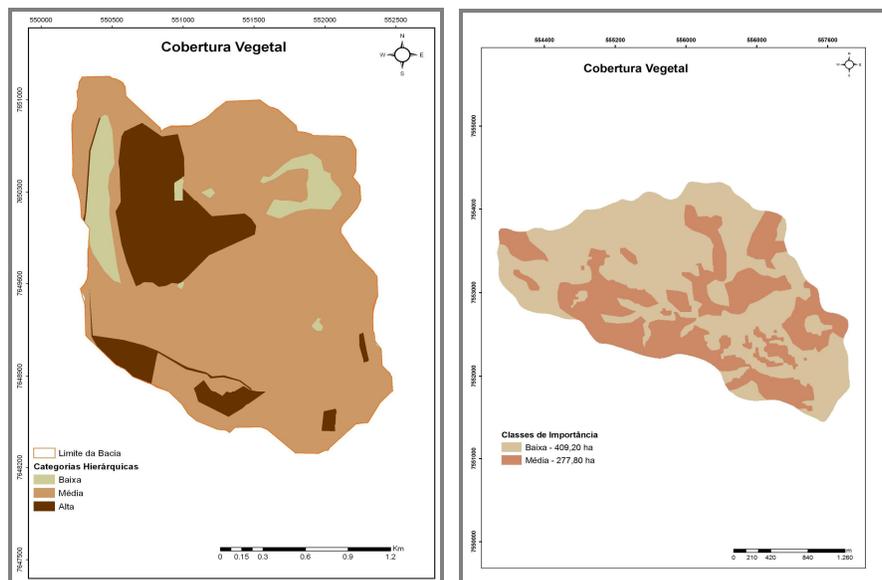


FIGURA 18 Mapa de importância da cobertura vegetal para os processos erosivos das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

A FIGURA 19 apresenta os mapas de uso e ocupação do solo já fuzzificados. Considerou-se a classe 7 como o valor central do domínio da função de pertinência para a sub-bacia do Ribeirão Marcela e a classe 4 para a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

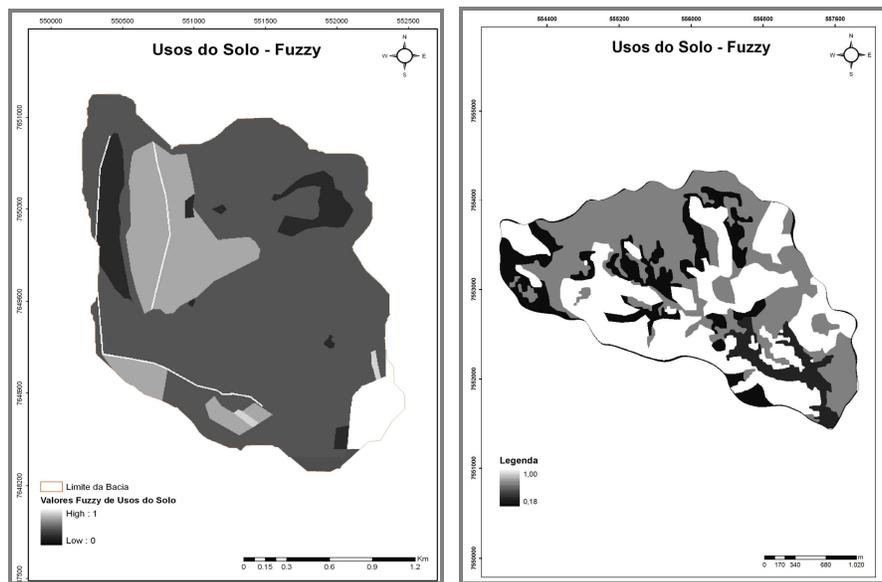


FIGURA 19 Mapa fuzzy de uso e ocupação do solo das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

#### 4.1.1.4 Potencial de erosão

Após a fuzzificação de todas as variáveis de entrada relativa à qualidade foi obtido por meio da integração dos dados com o auxílio da ferramenta de tomada de decisão AHP. Isso foi feito de acordo com os pesos definidos na TABELA 20 para cada sub-bacias estudadas, gerando os Mapas de Potencial de Erosão com uma razão de consistência de 0,046, apresentados na FIGURA 20. A razão de consistência é fornecida pelo sistema, segundo especialistas em AHP é aconselhável que esse índice seja menor que 0,1. Ressalta-se que o Mapa de Potencial de Erosão apresentado é igual para os quatro eventos de chuva

selecionados das sub-bacias do Ribeirão Marcela e Lavrinha. Nota-se pelos resultados obtidos que a sub-bacia do Ribeirão Marcela possui a maior parte de sua área na classe Fraco potencial de erosão (78%) enquanto que a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha possui a maior parte de sua área na classe Muito Fraco potencial de erosão (61%). De acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE), o potencial de erosão em Minas Gerais na região Sul apresenta, na maior parte, potencial alto e muito alto de erosão, porém a escala utilizada para a elaboração do (ZEE) não é compatível com a escala utilizada para o presente estudo, não sendo suficiente para fazer comparações.

Os pesos definidos foram determinados pelo autor baseado em informações de especialistas.

TABELA 20 Pesos atribuídos as variáveis durante a aplicação da técnica AHP.

<b>Atributos</b>	<b>Peso</b>	<b>Descrição do Peso</b>	<b>Atributos</b>
Declividade	5	Melhor	Tipo de Solo
Declividade	5	Melhor	Uso do Solo
Uso do Solo	2	Um pouco melhor	Tipo de Solo

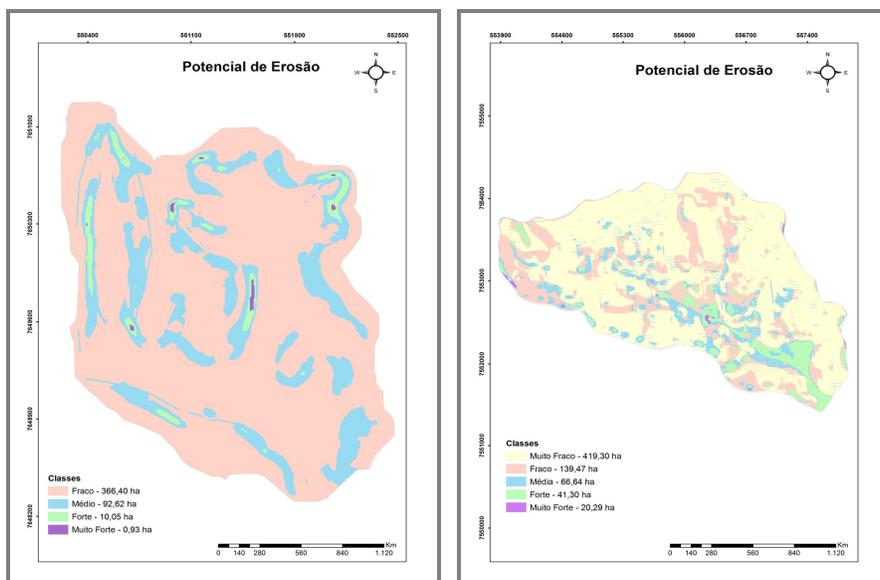


FIGURA 20 Mapa de potencial de erosão das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

#### 4.1.2 Aspecto quantidade

##### 4.1.2.1 Precipitação

Conforme definido na metodologia, para a definição da precipitação utilizaram-se quatro eventos de chuvas, que foram extraídos das estações meteorológicas instaladas nas sub-bacias estudadas. Os eventos de chuva selecionados são apresentados na TABELA 21 e 22.

TABELA 21 Eventos selecionados para a sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

<b>Evento</b>	<b>Data</b>	<b>Período (h)</b>	<b>Duração (s)</b>	<b>Total Precipitado (mm)</b>
1	15/01/2007	19:00 - 21:00	7200	36
2	17/03/2007	22:00 - 23:00	3600	19
3	23/05/2007	17:00 - 22:45	20700	23
4	23/07/2007	23:00 - 00:00	3600	17

TABELA 22 Eventos selecionados para a sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.

<b>Evento</b>	<b>Data</b>	<b>Período (h)</b>	<b>Duração (s)</b>	<b>Total Precipitado (mm)</b>
1	13/10/2006	12:30 - 13:30	3600	44
2	25/01/2007	22:00 - 23:30	5400	55
3	22/04/2007	17:30 - 22:00	16200	30
4	24/07/2007	22:30 - 00:00	5400	24

Na escolha dos eventos foi considerado o dia mais chuvoso de janeiro, março, maio e julho para a sub-bacia do Ribeirão Marcela. Na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha considerou-se os meses de outubro, janeiro, abril e julho. As FIGURAS 21 a 28 apresentam a distribuição de chuva dos dias selecionados e os eventos considerados para as duas sub-bacias.

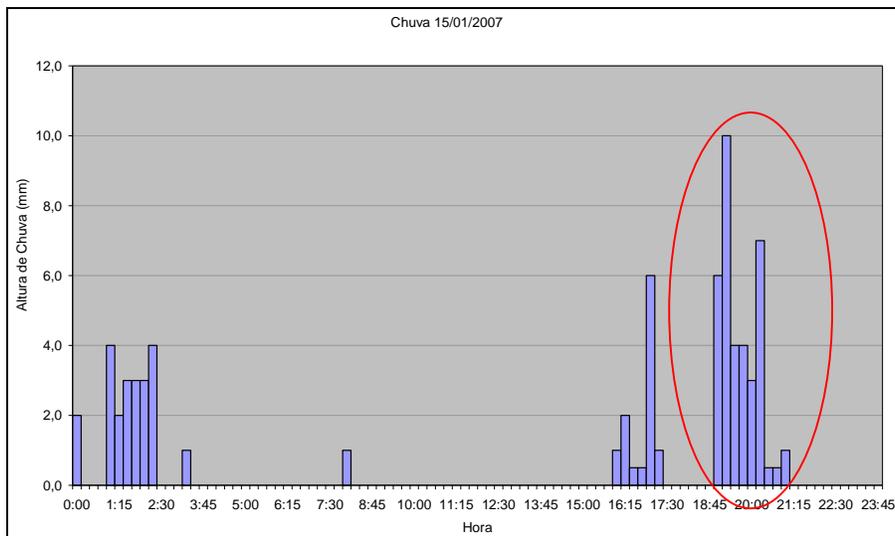


FIGURA 21 Eventos de chuva 1 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

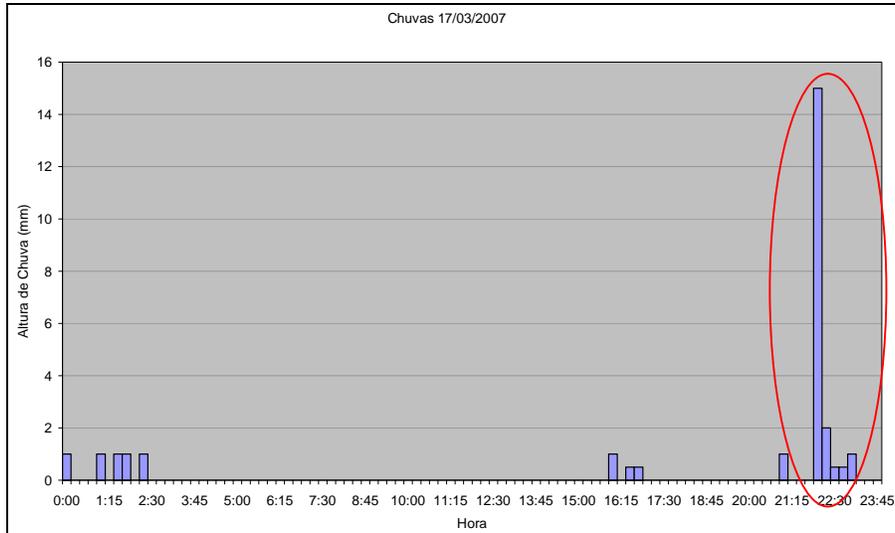


FIGURA 22 Eventos de chuva 2 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

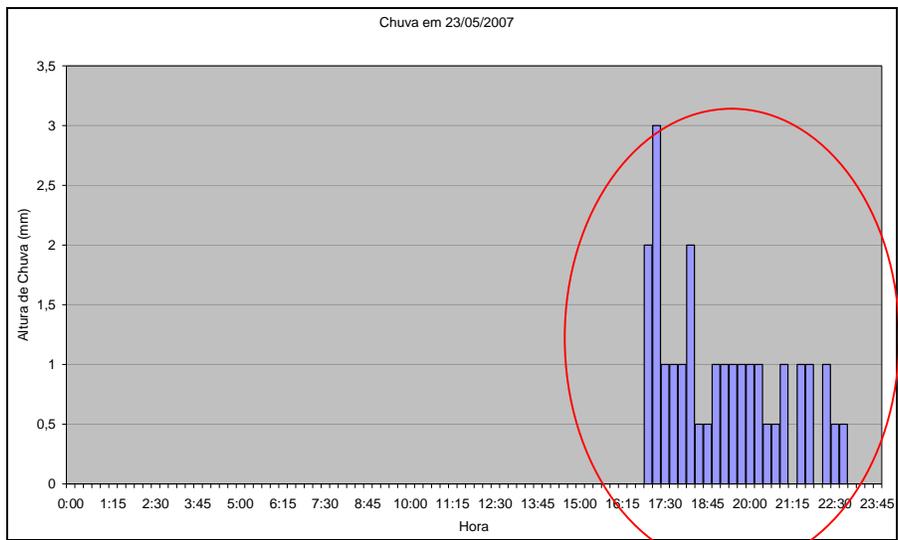


FIGURA 23 Eventos de chuva 3 seleccionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

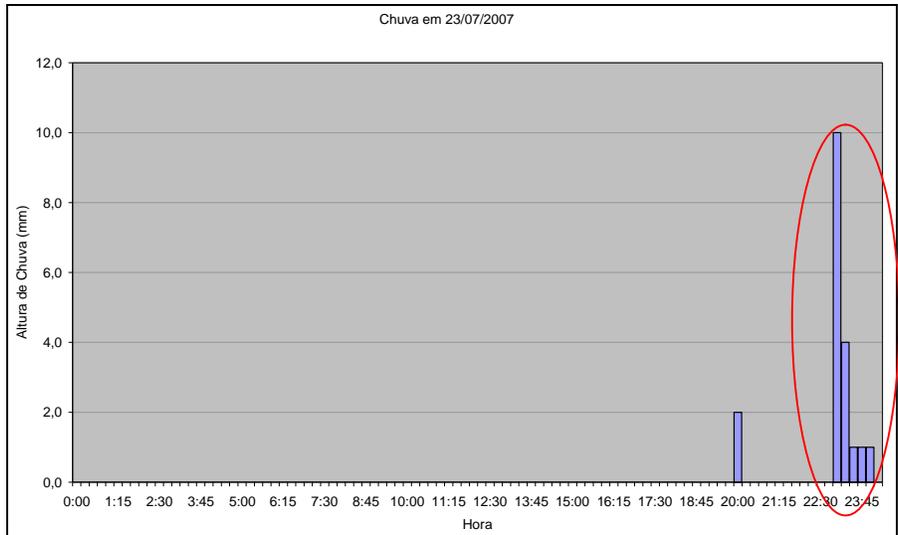


FIGURA 24 Eventos de chuva 4 seleccionados para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

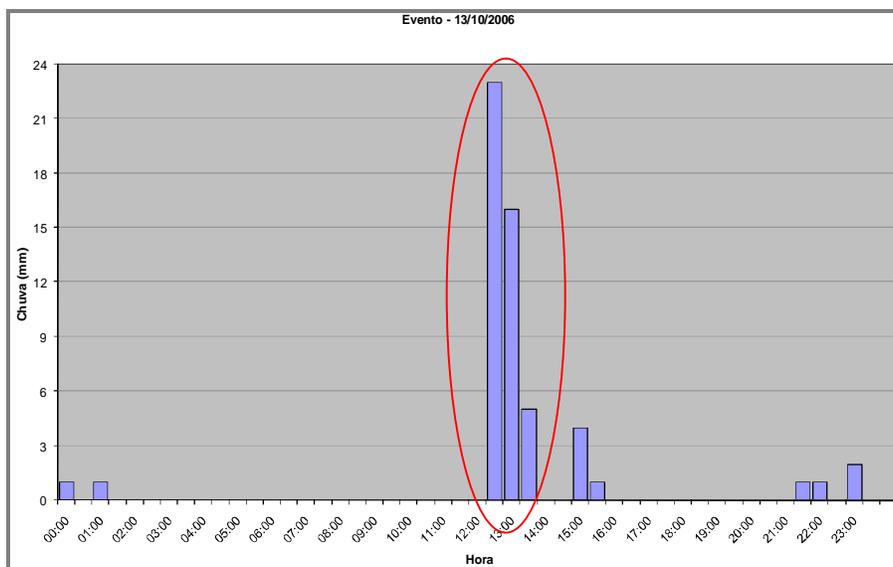


FIGURA 25 Eventos de chuva 1 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

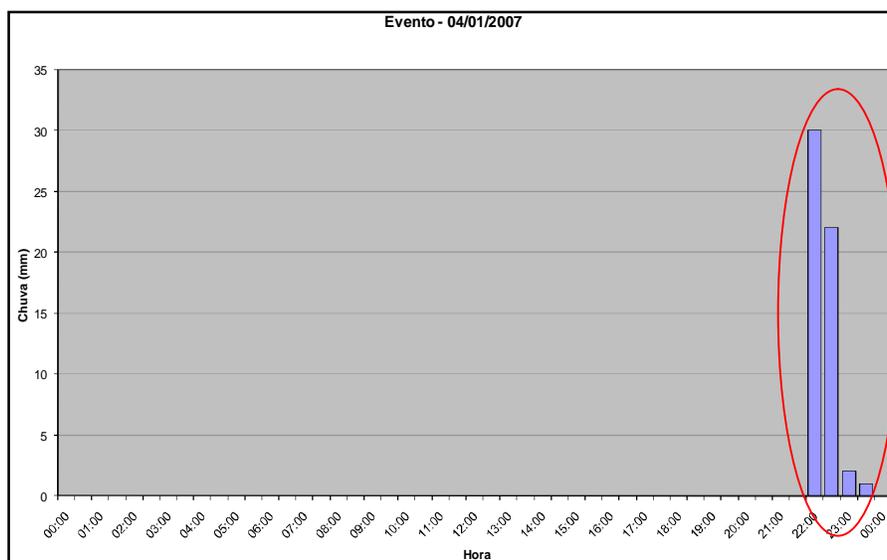


FIGURA 26 Eventos de chuva 2 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

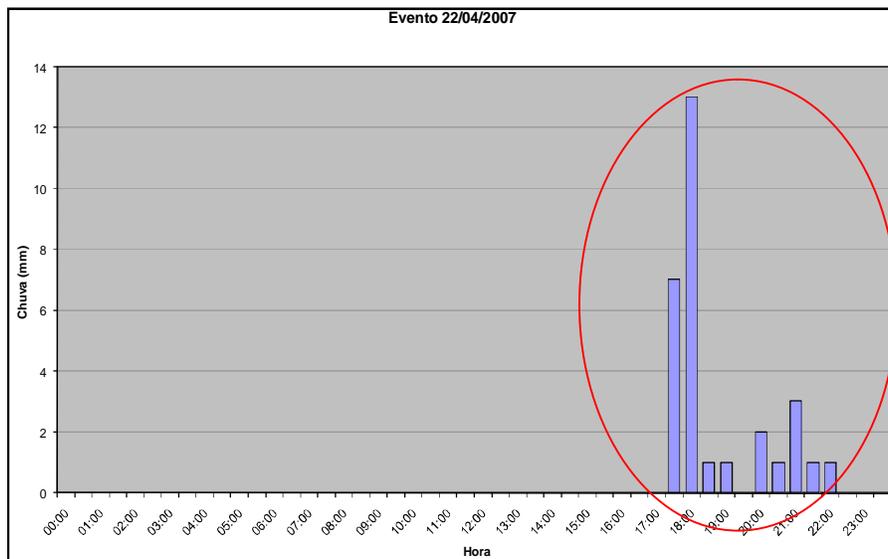


FIGURA 27 Eventos de chuva 3 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

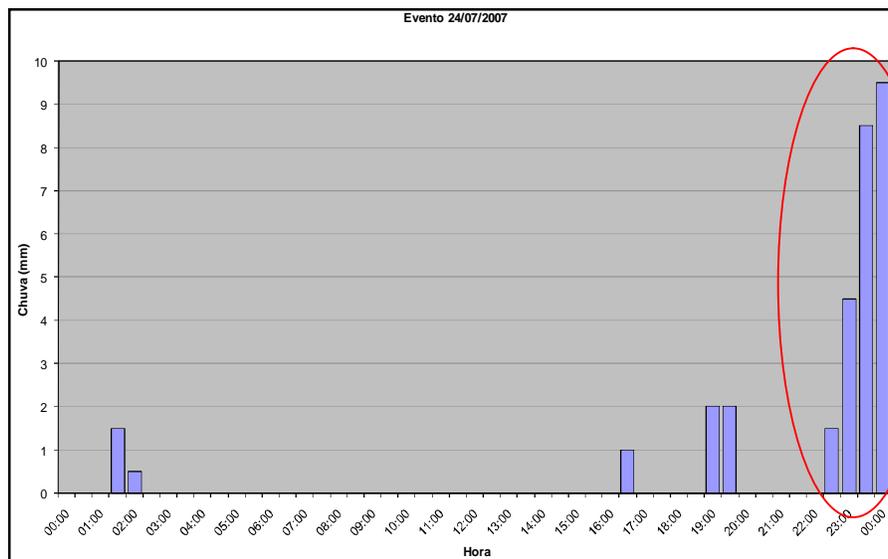


FIGURA 28 Eventos de chuva 4 selecionados para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

#### 4.1.2.2 Escoamento superficial

O Mapa de Escoamento Superficial foi baseado no Mapa de CN de cada sub-bacia estudada, apresentado na FIGURA 29. Nas FIGURAS 30 a 35 são apresentados os mapas de escoamento superficial dos eventos de chuva para cada simulação proposta das duas sub-bacias estudadas.

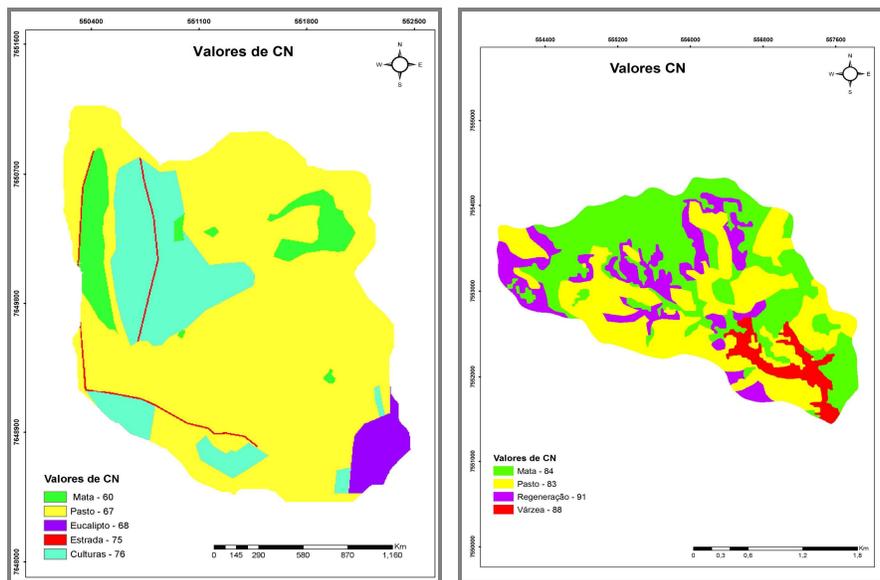


FIGURA 29 Mapa de valores de CN da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela e do ribeirão Lavrinhas.

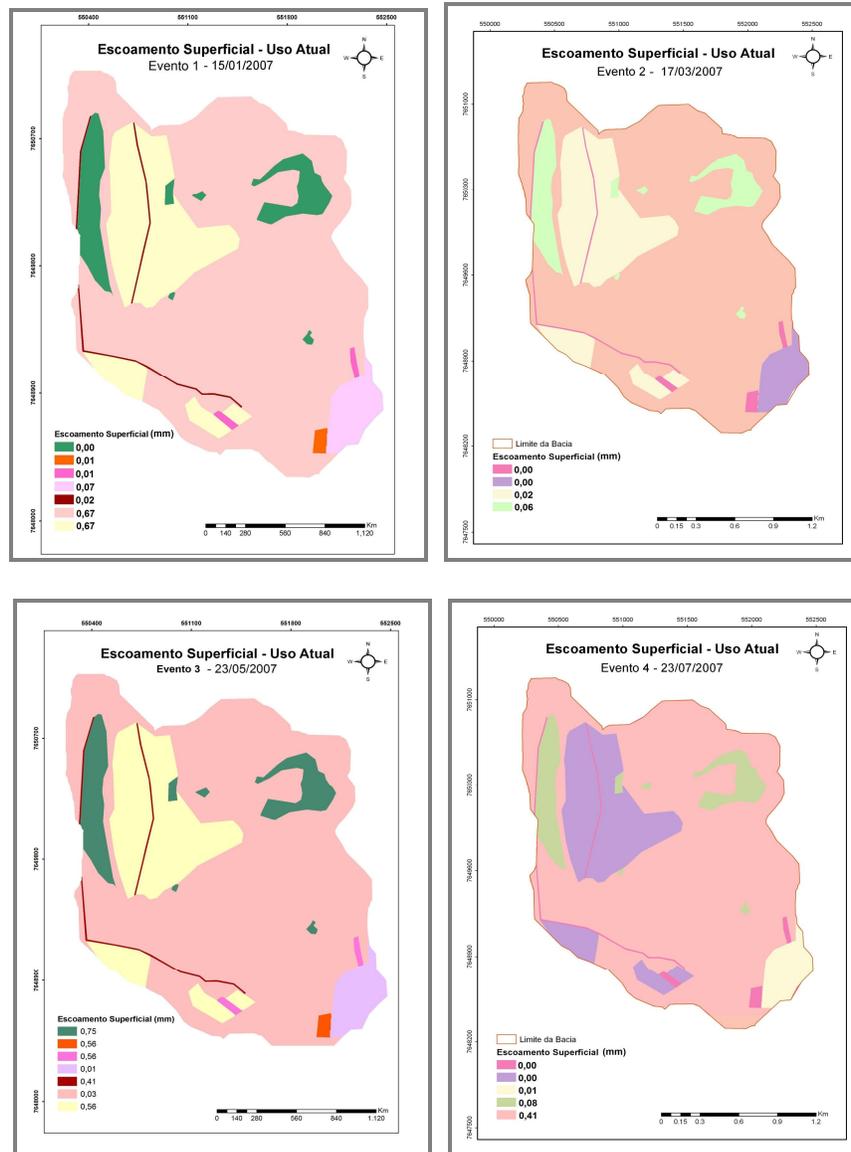


FIGURA 30. Mapas de escoamento superficial dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

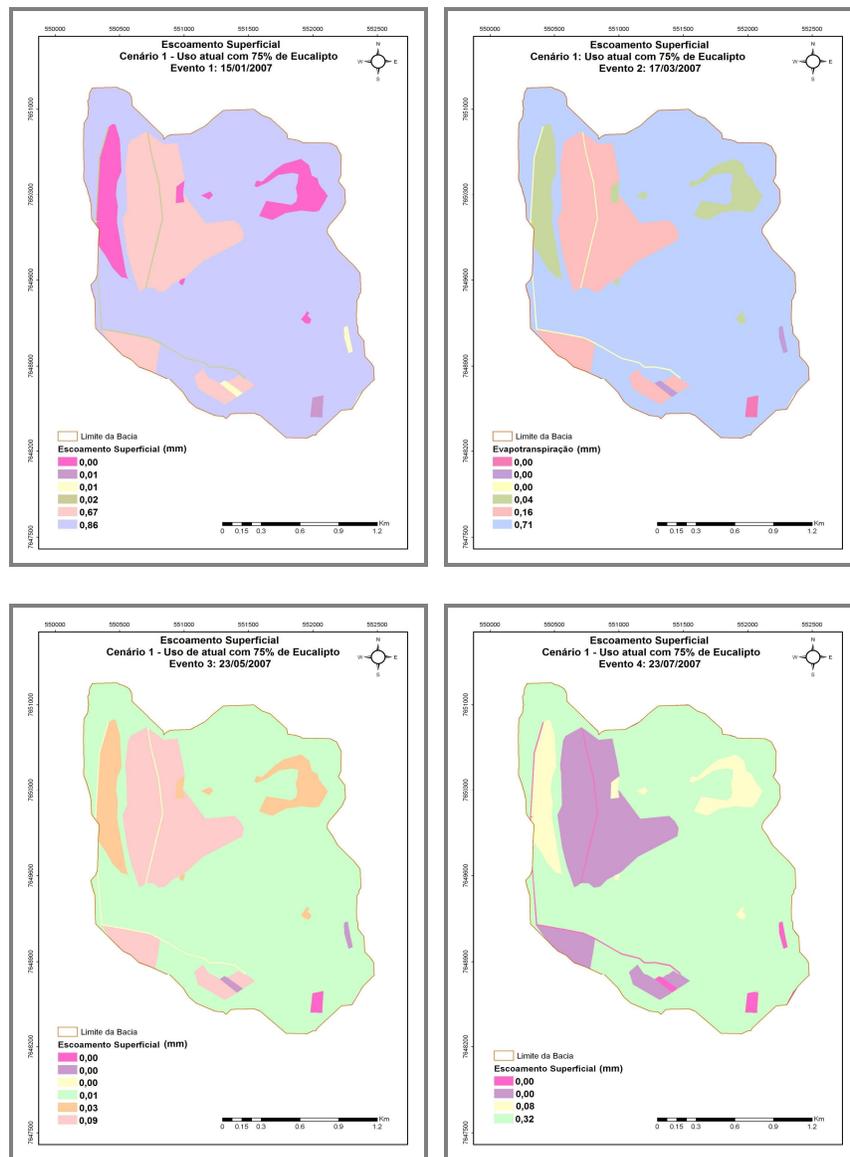


FIGURA 31 Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário 1 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

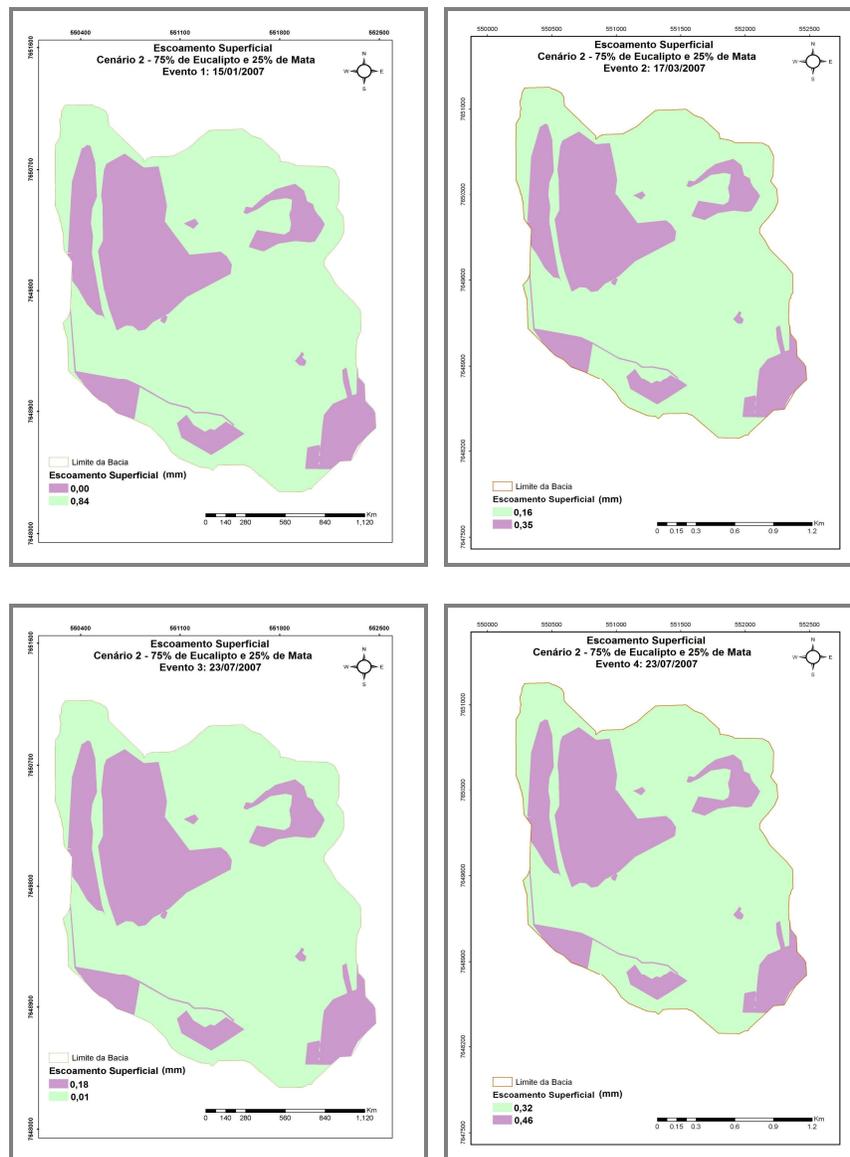


FIGURA 32 Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário 2 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

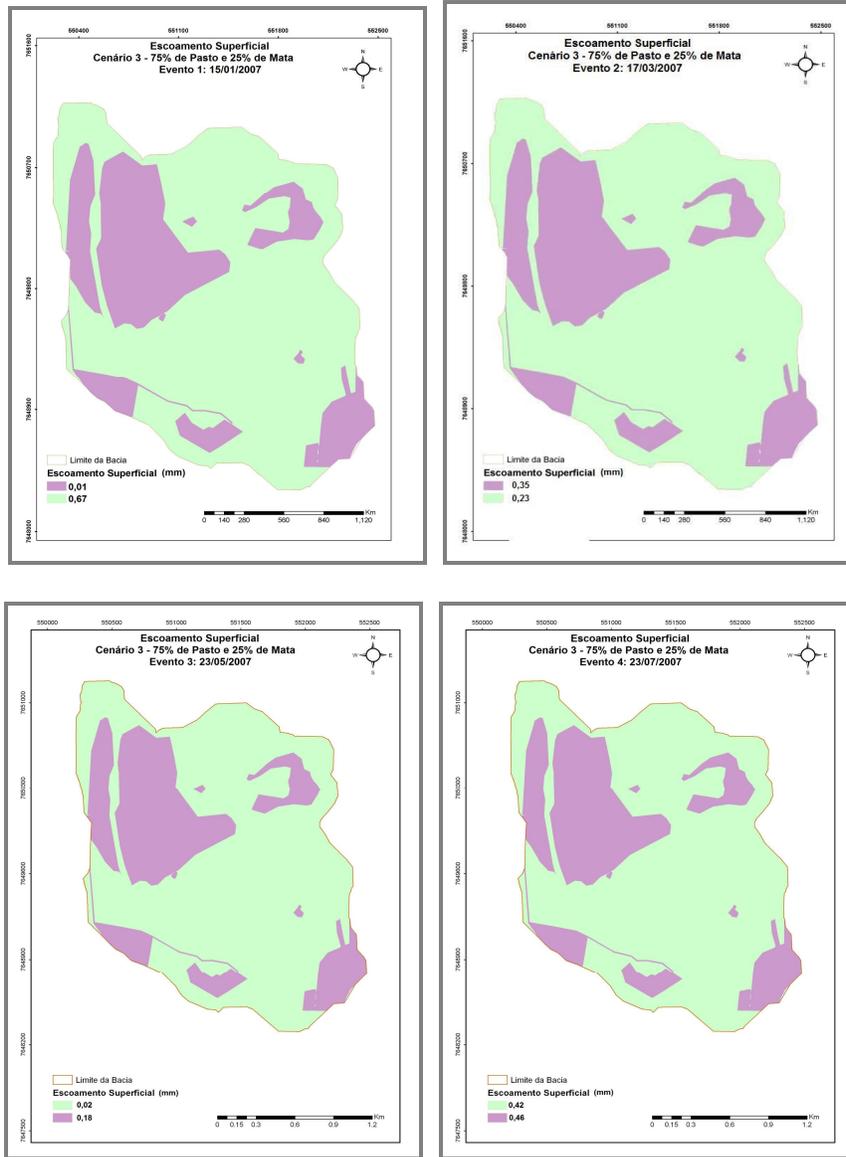


FIGURA 33 Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário 3 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

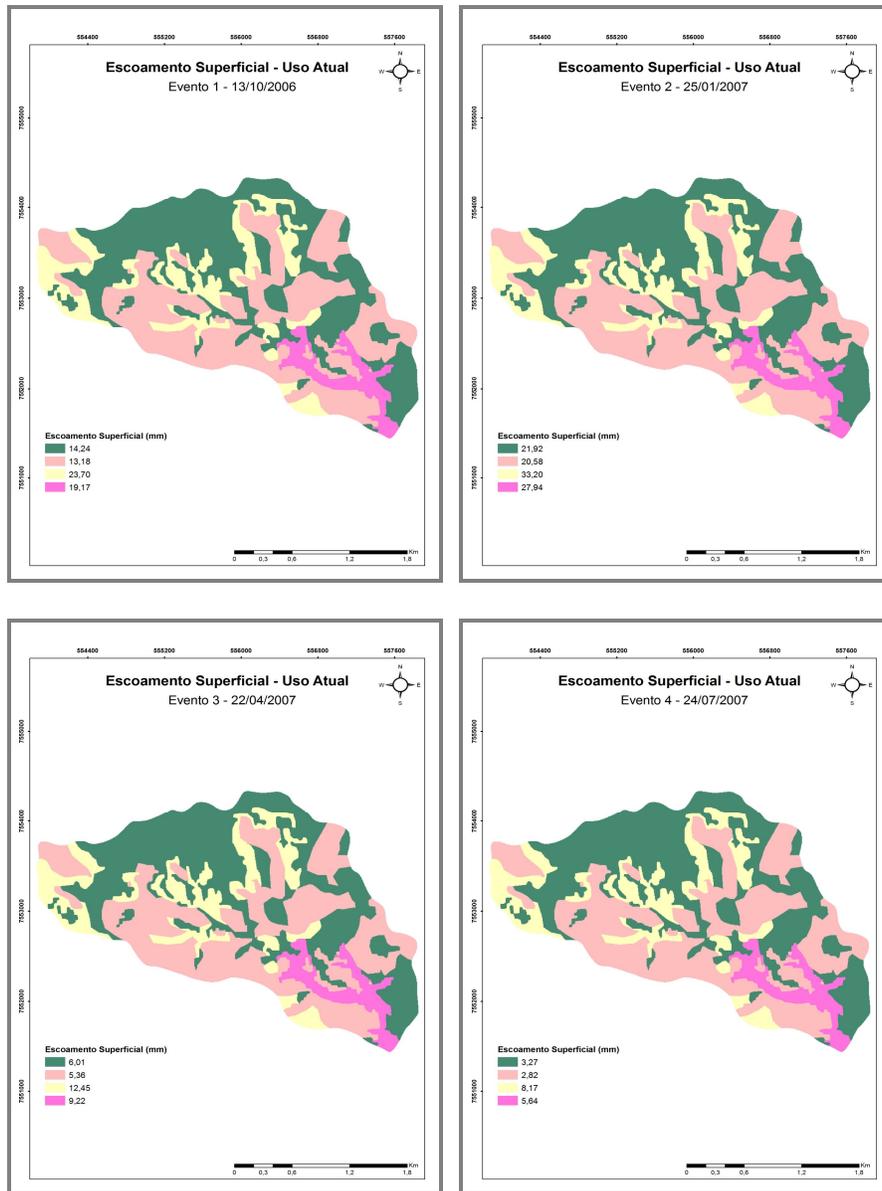


FIGURA 34 Mapas de escoamento superficial dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.

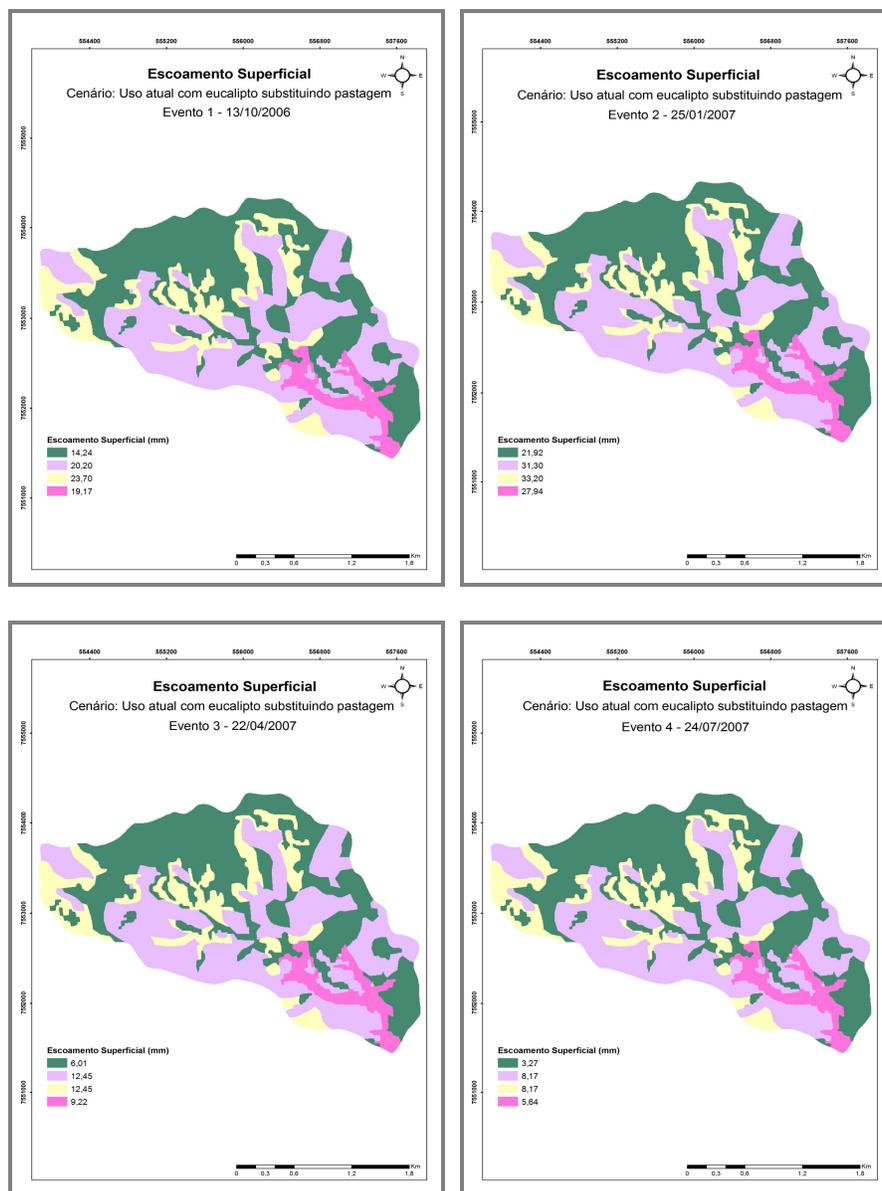


FIGURA 35 Mapa de escoamento superficial dos eventos para o cenário da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.

#### **4.1.2.3 Evapotranspiração**

A confecção dos Mapas de Evapotranspiração foi baseada na equação de Penman. Por meio desta equação foi possível identificar as diferenças das vegetações existentes em relação à forma de uso e manejo do solo nas sub-bacias estudadas. Nas FIGURAS 36 a 41 são apresentados os mapas de evapotranspiração dos intervalos dos eventos de chuva estudados para cada simulação proposta para as duas sub-bacias estudadas.

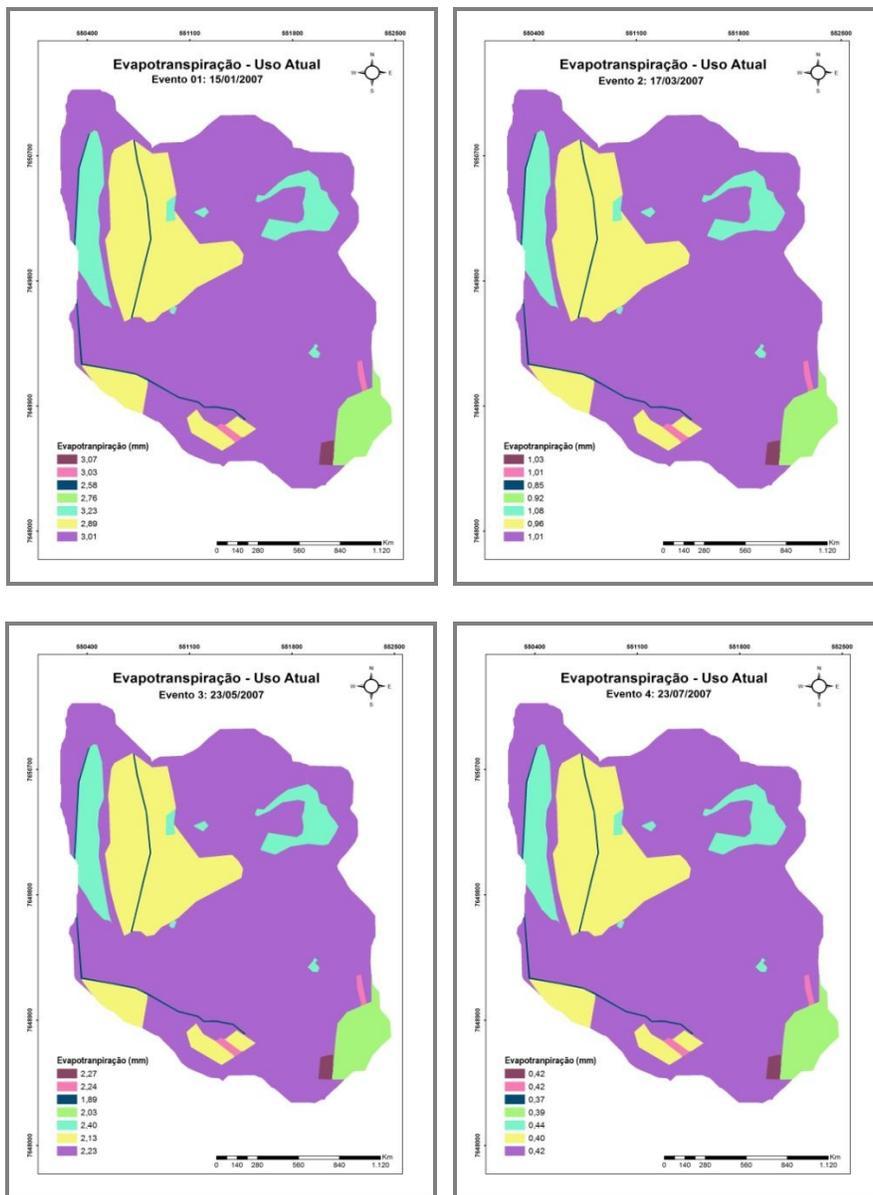


FIGURA 36 Mapas de evapotranspiração dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

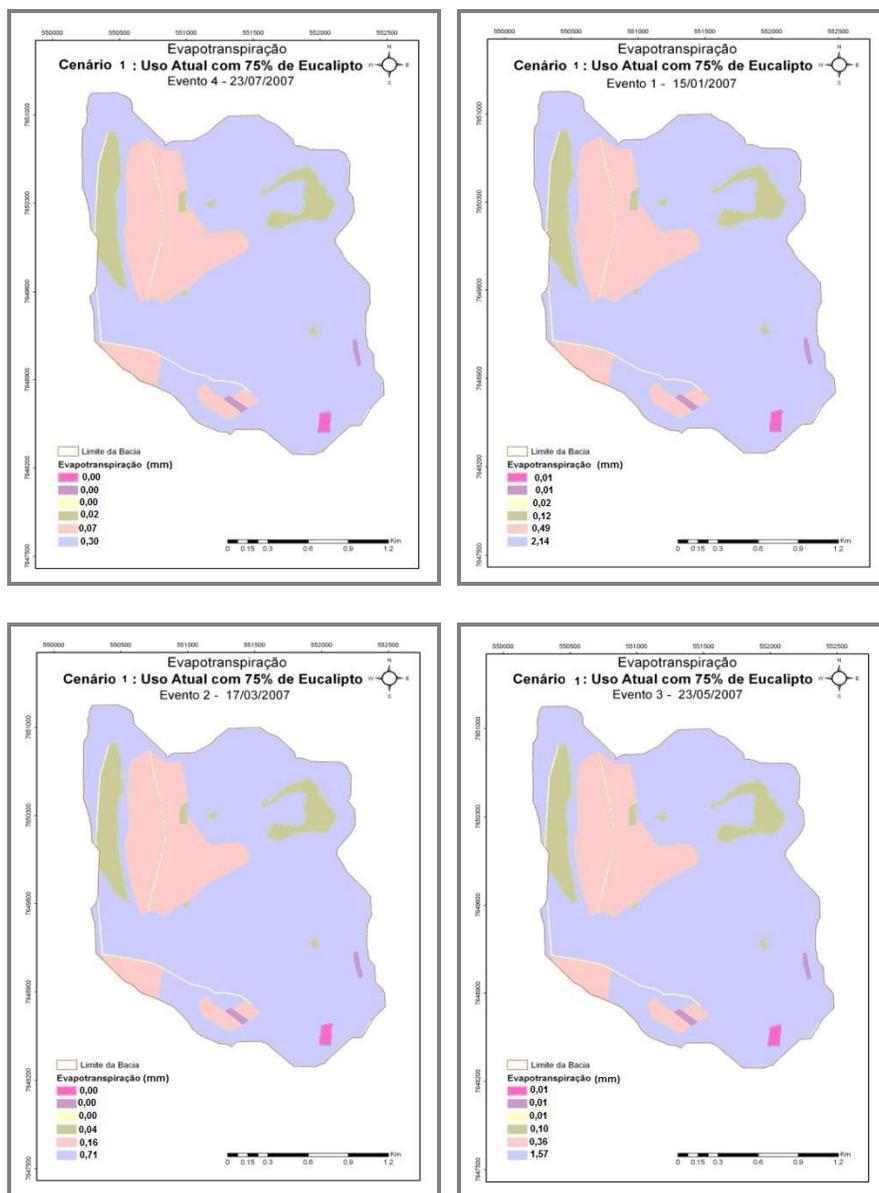


FIGURA 37 Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário 1 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.



FIGURA 38 Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário 2 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

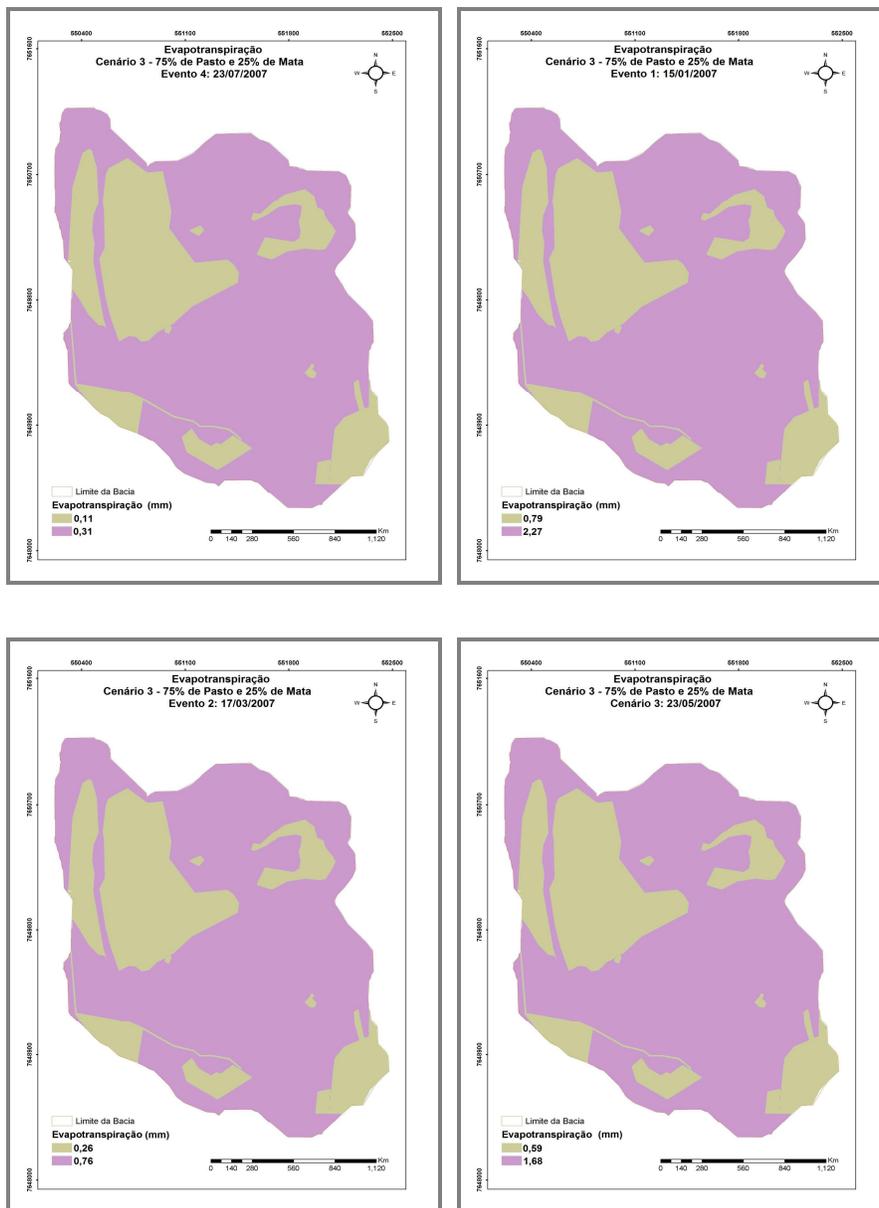


FIGURA 39 Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário 3 da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Marcela.

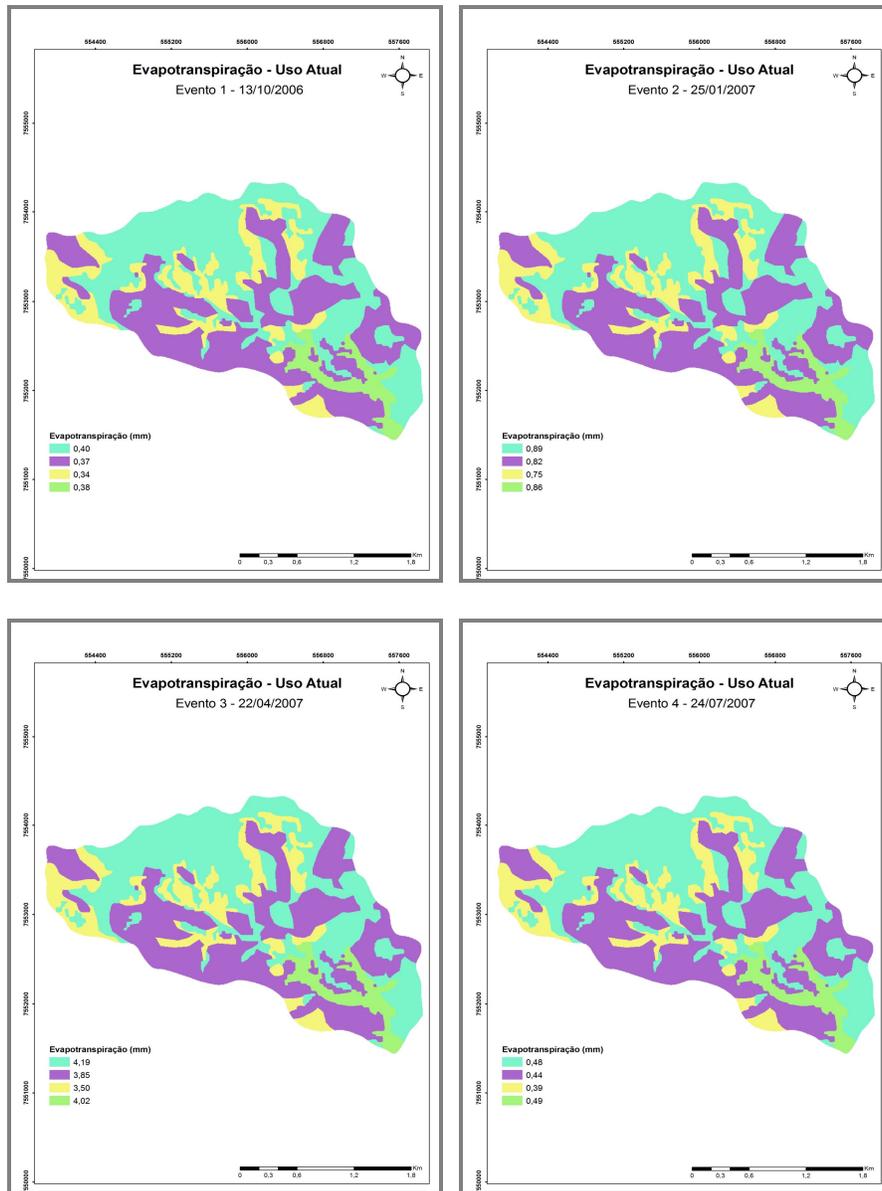


FIGURA 40 Mapas de evapotranspiração dos eventos para o uso atual da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.

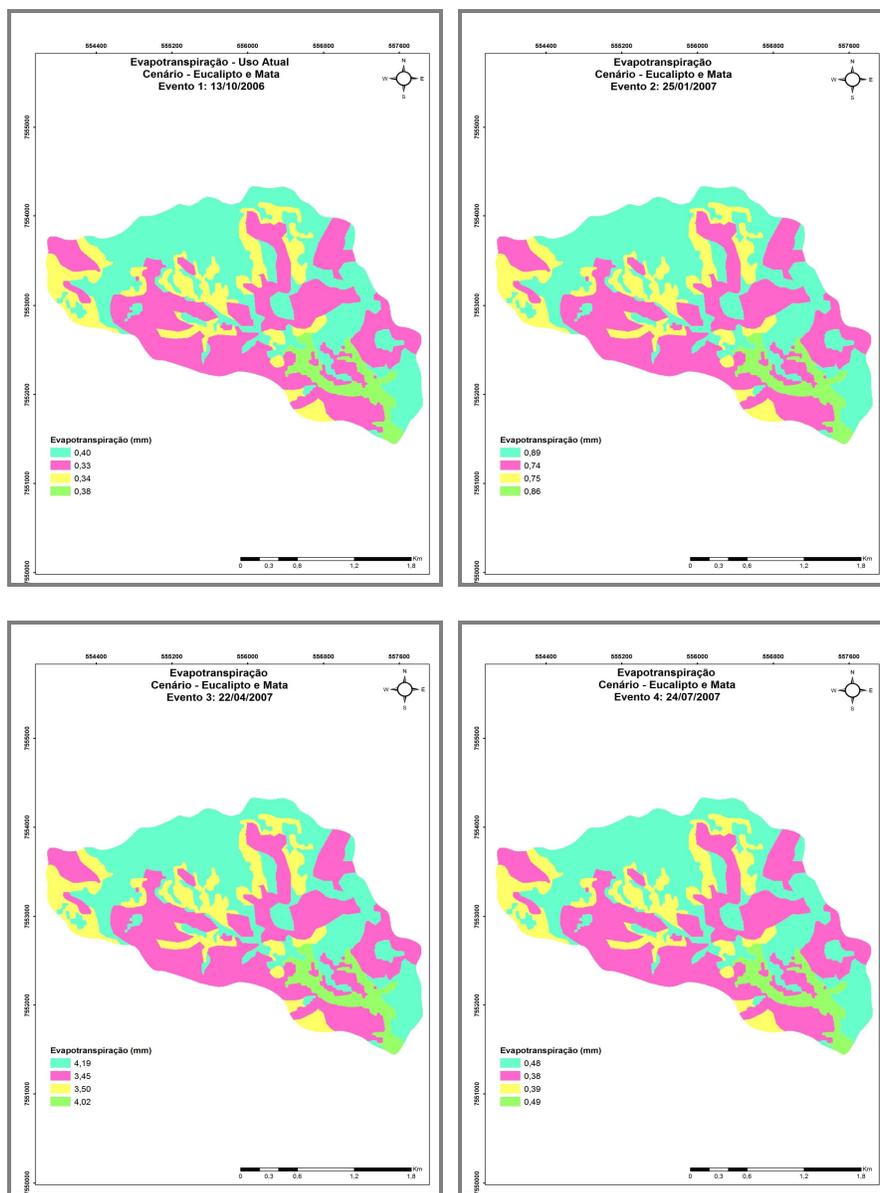


FIGURA 41 Mapa de evapotranspiração dos eventos para o cenário da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha.

#### 4.1.2.4 Potencial de armazenamento

Após a fuzzificação de todas as variáveis de entrada no que se refere à quantidade obteve-se pela integração dos dados utilizando a ferramenta de tomada de decisão AHP conforme pesos definidos na TABELA 23, os Mapas de Potencial de Armazenamento. Foram feitos mapas de potencial de armazenamento para cada evento de chuva selecionado de cada sub-bacia estudada, com uma razão de consistência de 0.046. A razão de consistência é fornecida pelo sistema e segundo especialistas em AHP é aconselhável que esse índice seja menor que 0,1. Ressalta-se que foram elaborados mapas de Potencial de Armazenamento para o Uso Atual e para os Cenários de cada sub-bacia. Nas FIGURAS 42 a 47 é possível visualizar os mapas de Potencial de Armazenamento das duas sub-bacias estudadas.

TABELA 23 Pesos atribuídos as variáveis durante a aplicação da técnica AHP.

<b>Atributos</b>	<b>Peso</b>	<b>Descrição do Peso</b>	<b>Atributos</b>
Evapotranspiração	5	Melhor	Escoamento Superficial
Evapotranspiração	5	Melhor	Precipitação
Precipitação	2	Pouco Melhor	Escoamento Superficial

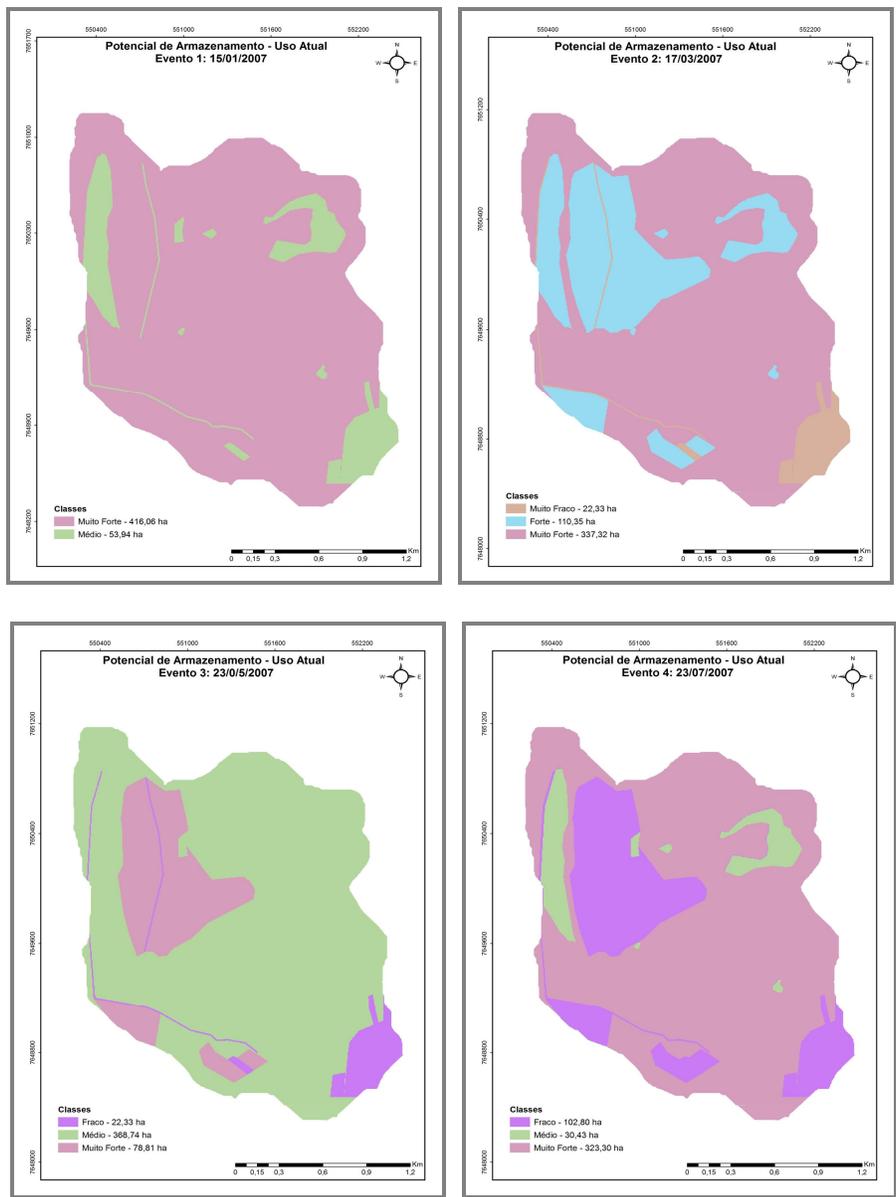


FIGURA 42 Mapa do potencial de armazenamento dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

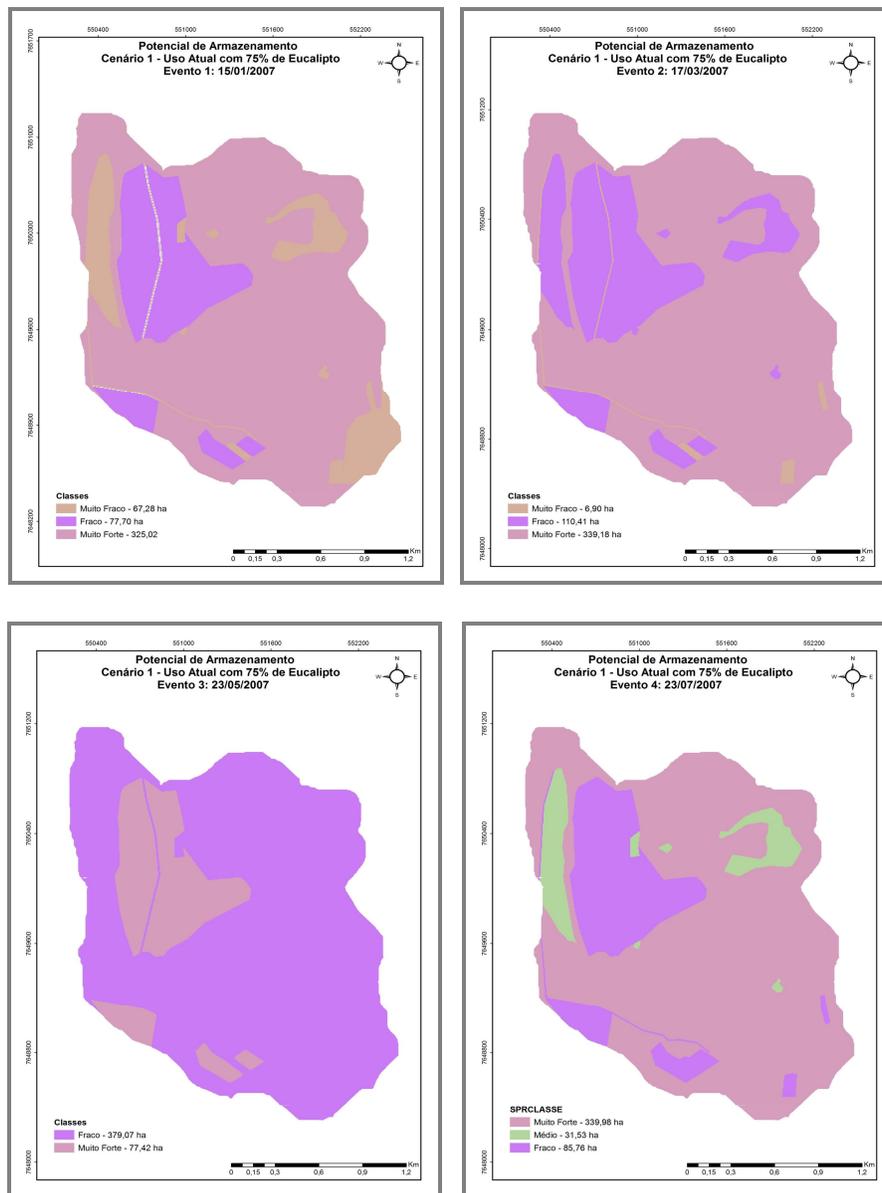


FIGURA 43 Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário 1 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

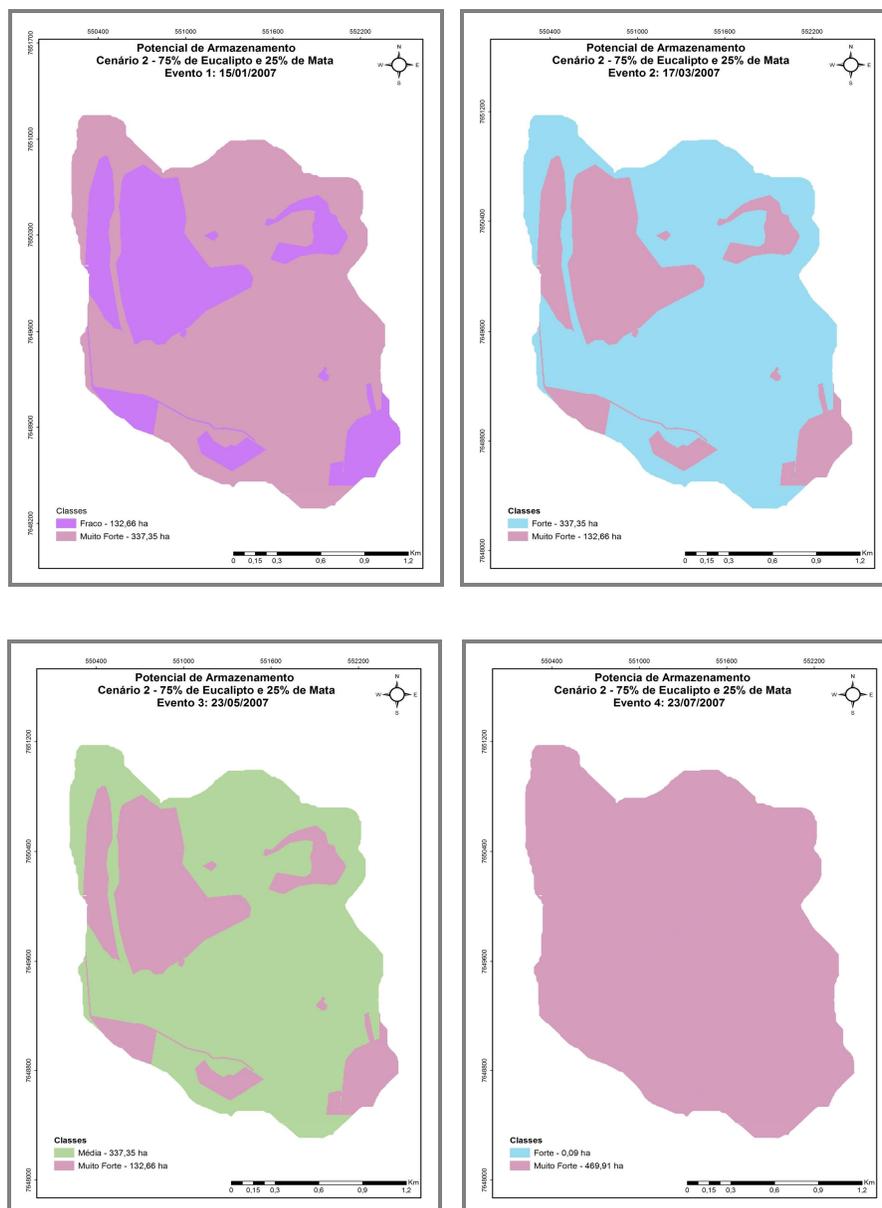


FIGURA 44 Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário 2 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

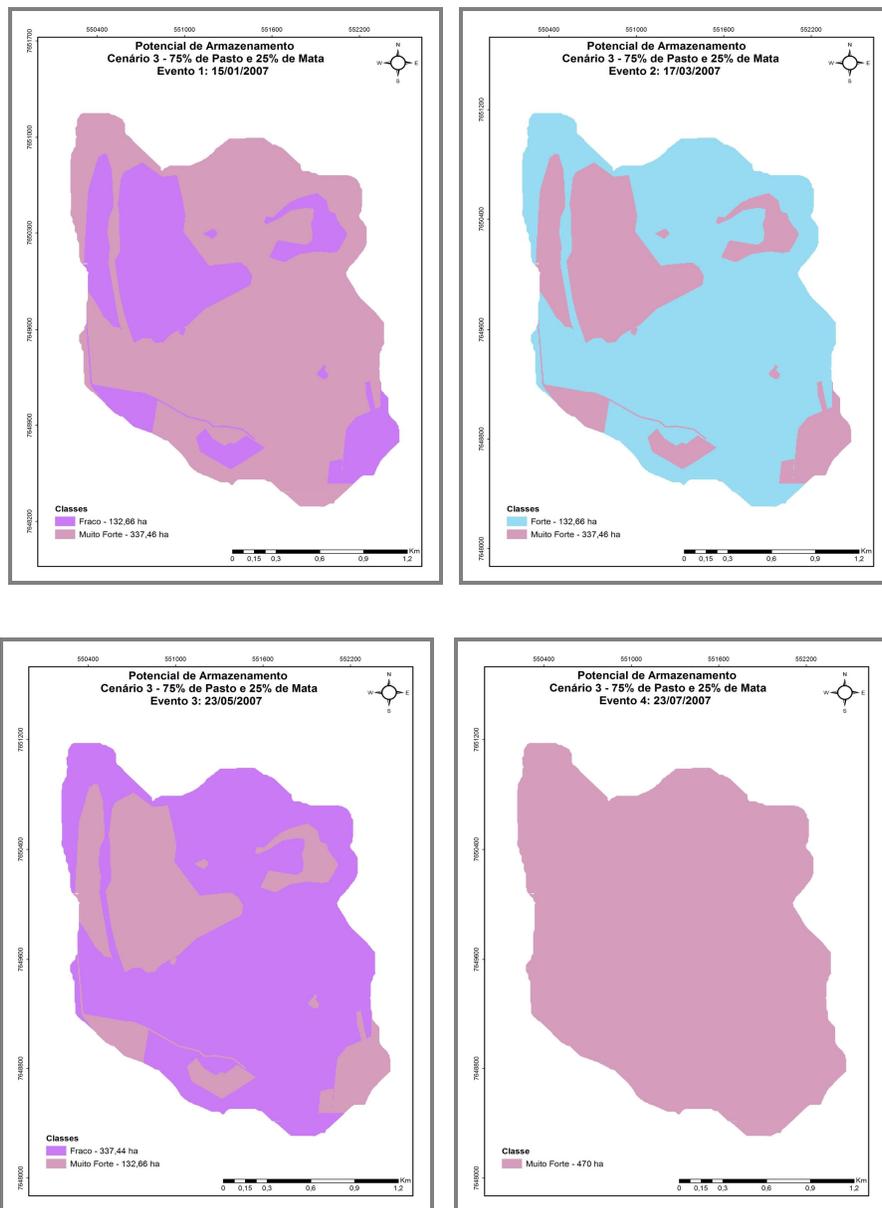


FIGURA 45 Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário 3 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

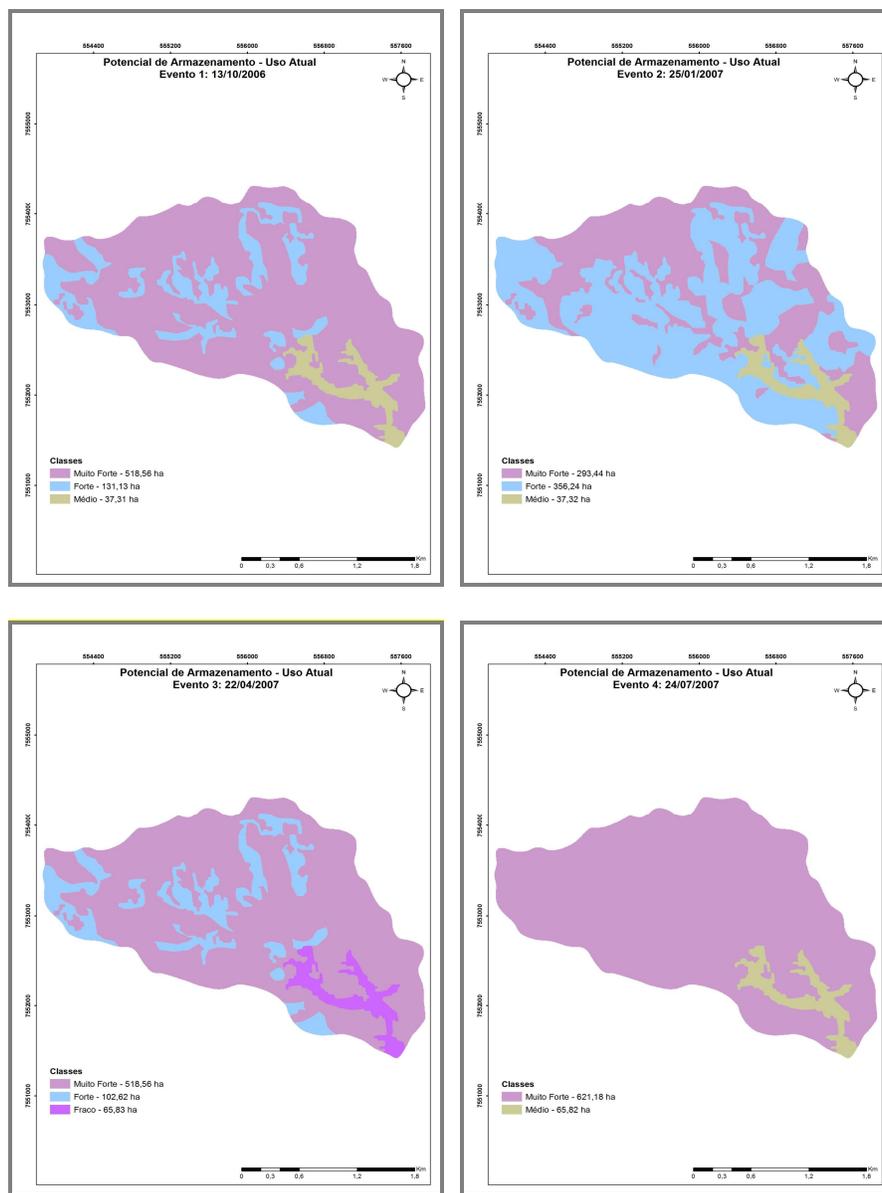


FIGURA 46 Mapa do potencial de armazenamento dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

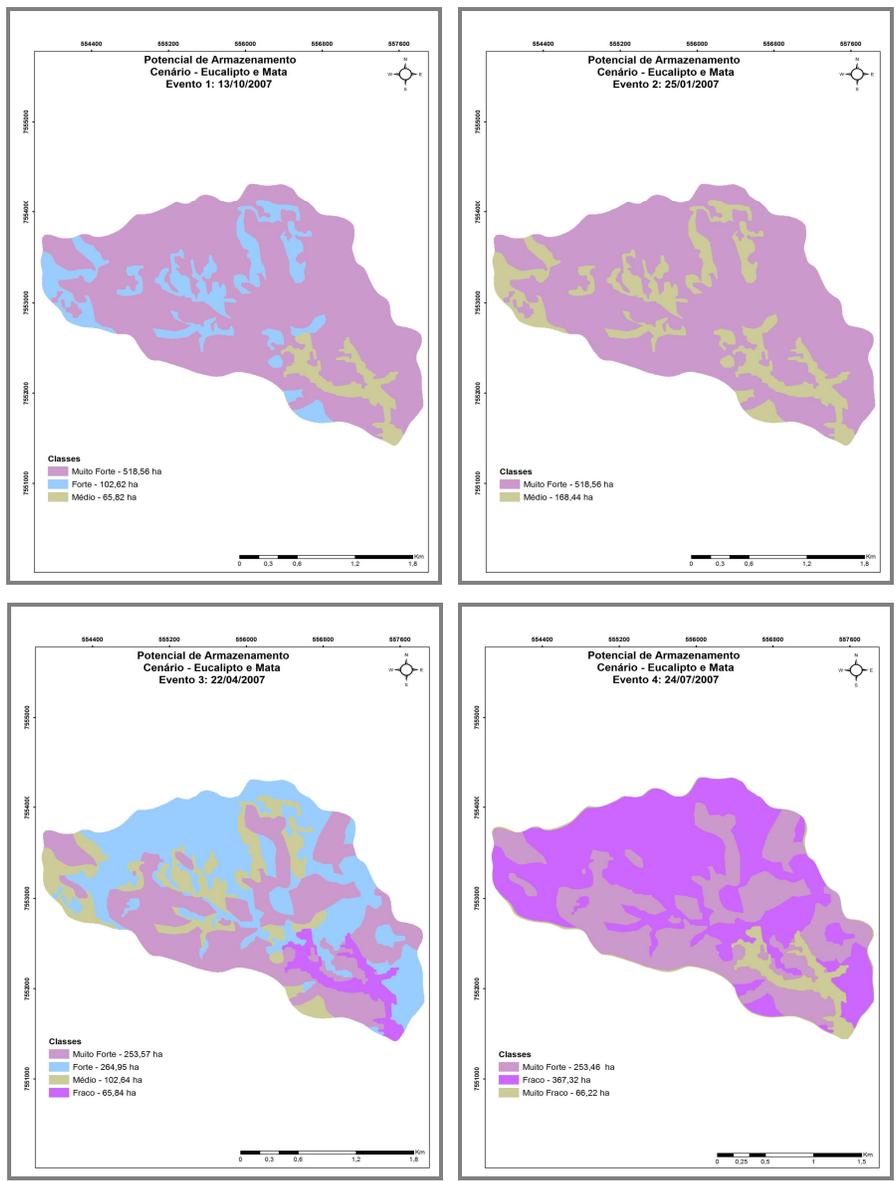


FIGURA 47 Mapa de potencial de armazenamento dos eventos do cenário para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

#### **4.1.3 Indicador de produção de água**

O resultado da integração do Potencial de Erosão e do Potencial de Armazenamento das sub-bacias do Ribeirão Marcela e Lavrinha para cada Evento escolhido são apresentados nas FIGURAS 48 a 53.

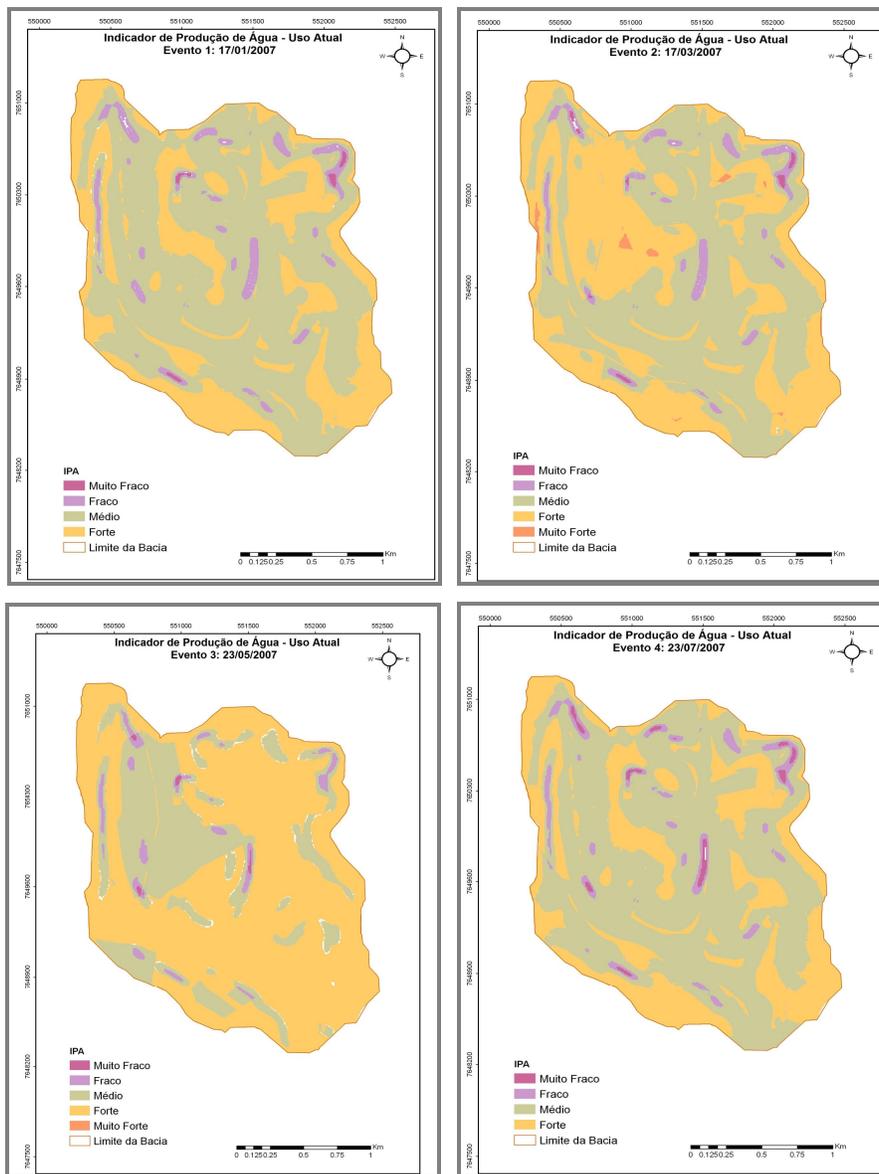


FIGURA 48 Indicador de produção de água dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

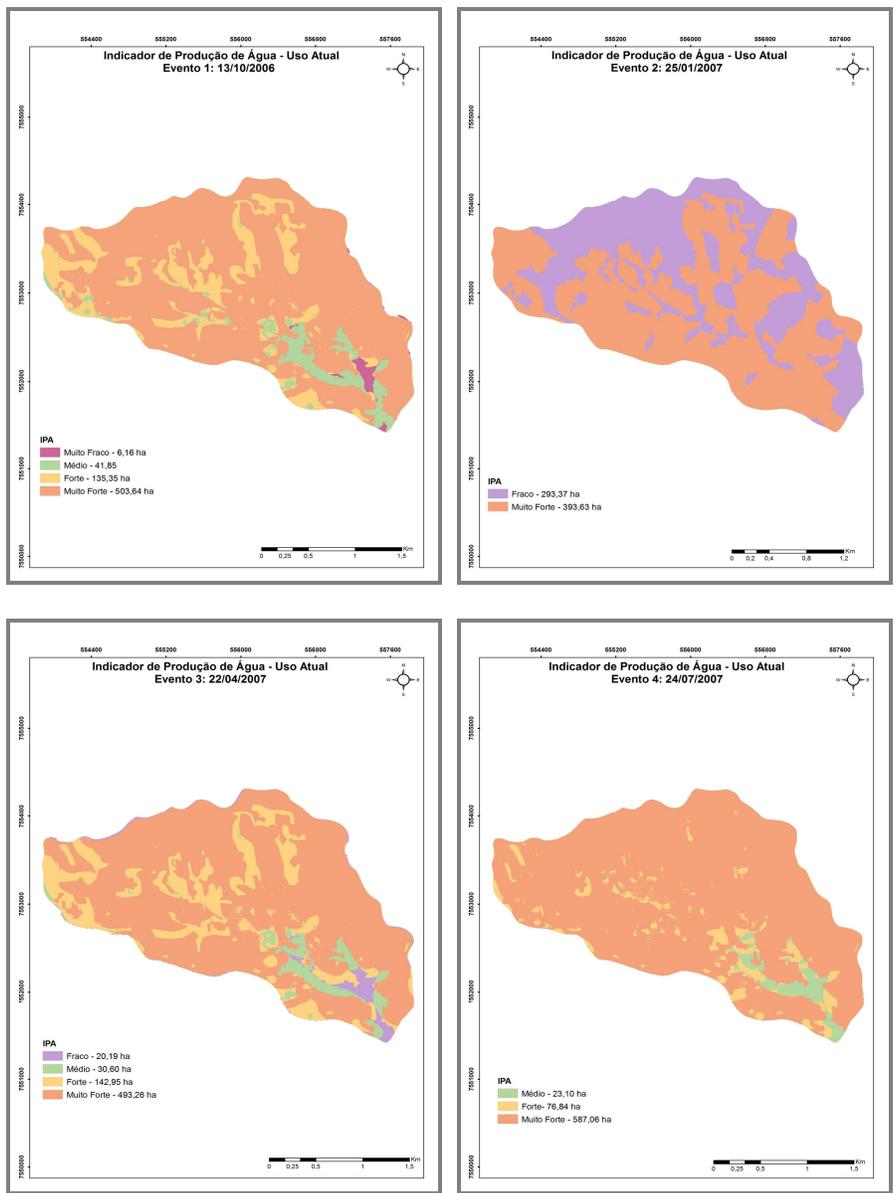


FIGURA 49 Indicador de produção de água dos eventos do uso atual para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

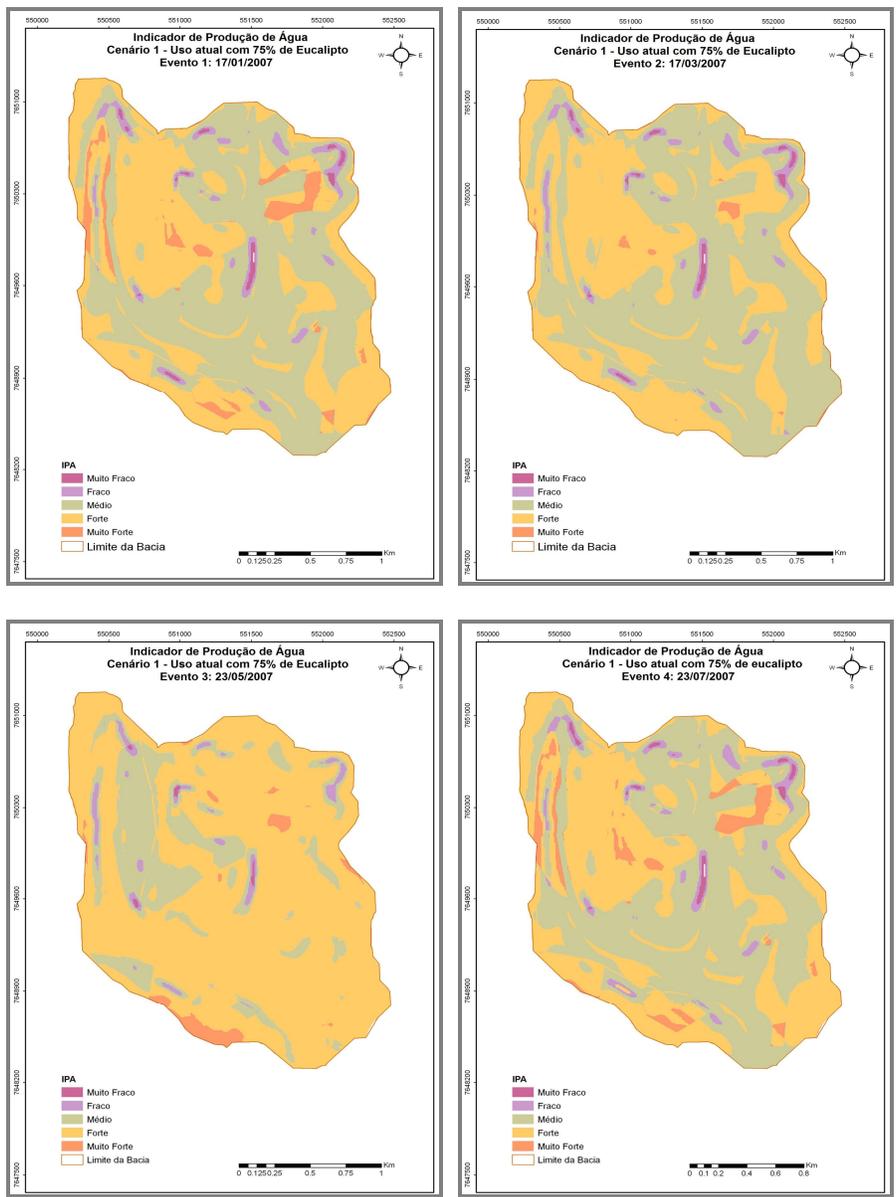


FIGURA 50 Indicador de produção de água dos eventos do cenário 1 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

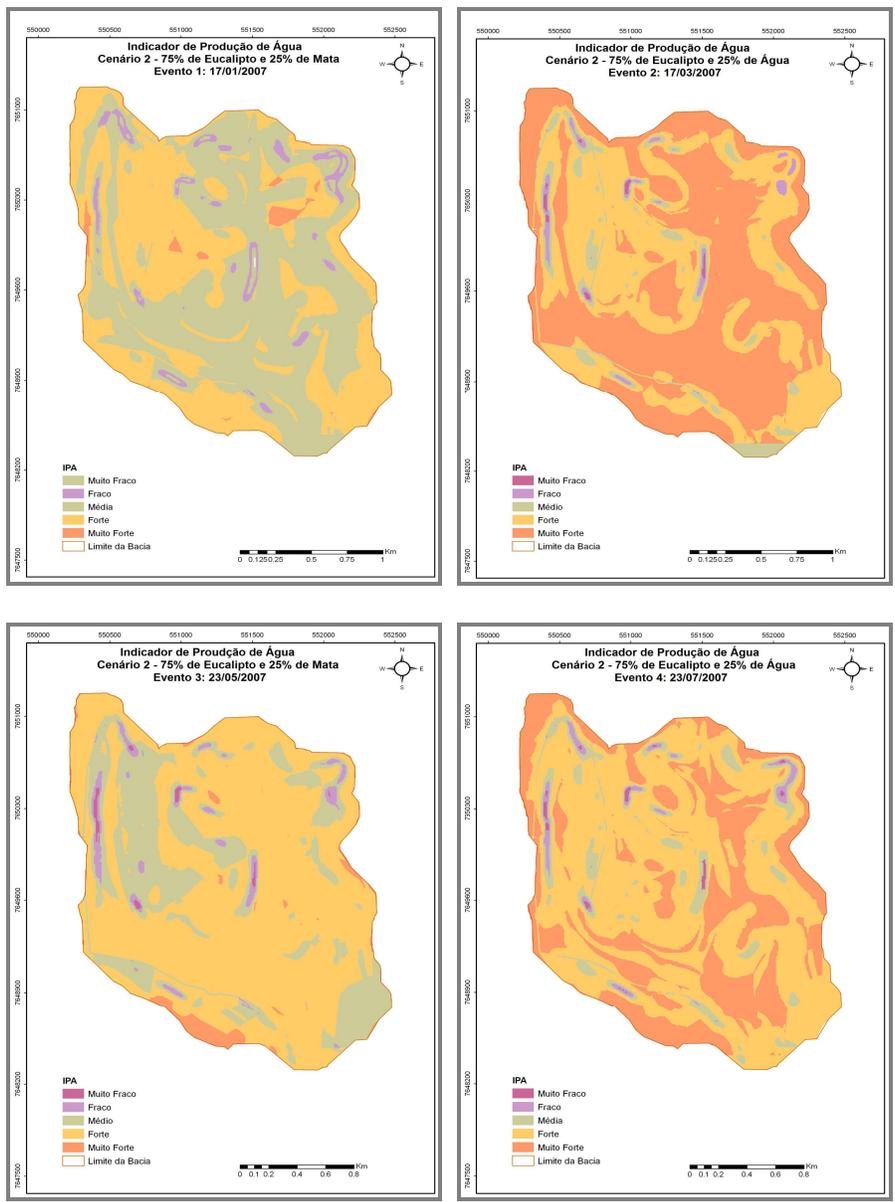


FIGURA 51 Indicador de produção de água dos eventos do cenário 2 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

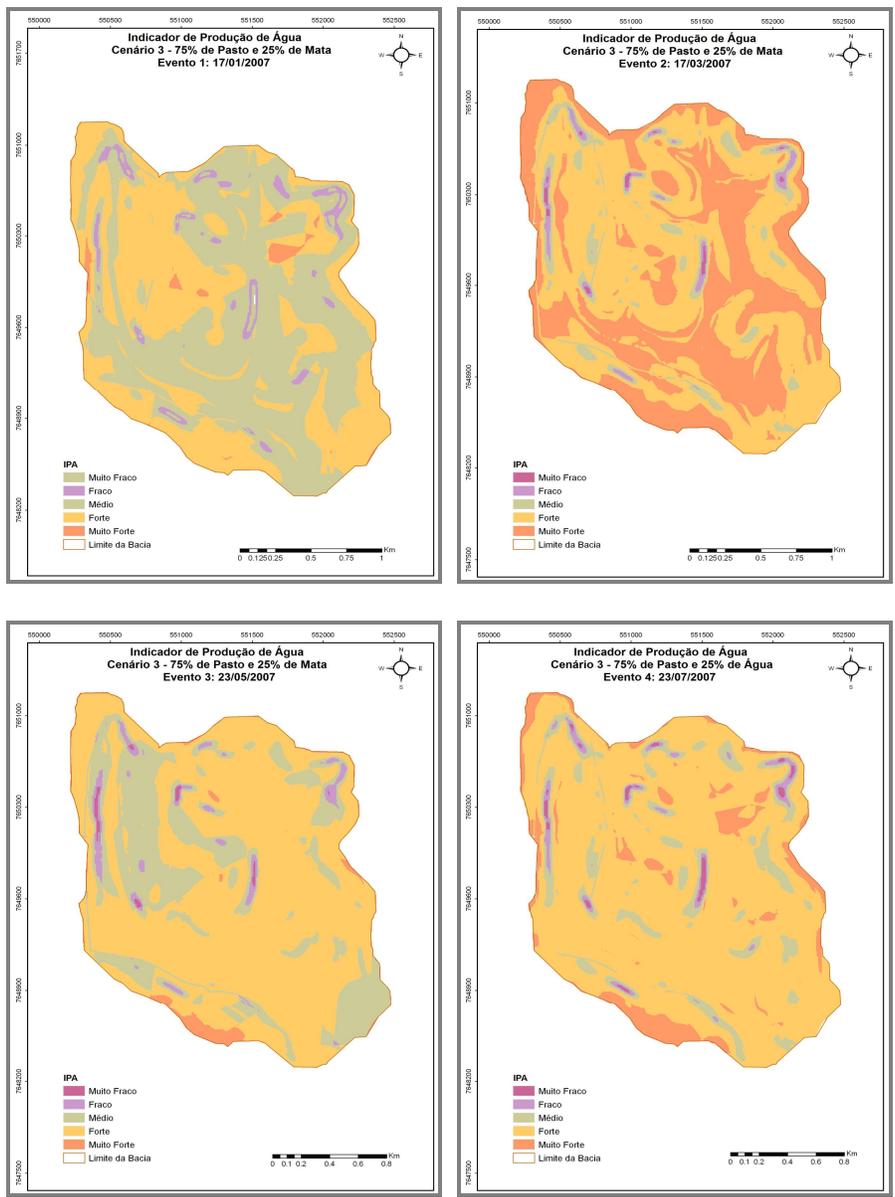


FIGURA 52 Indicador de produção de água dos eventos do cenário 3 para a sub-bacia do ribeirão Marcela.

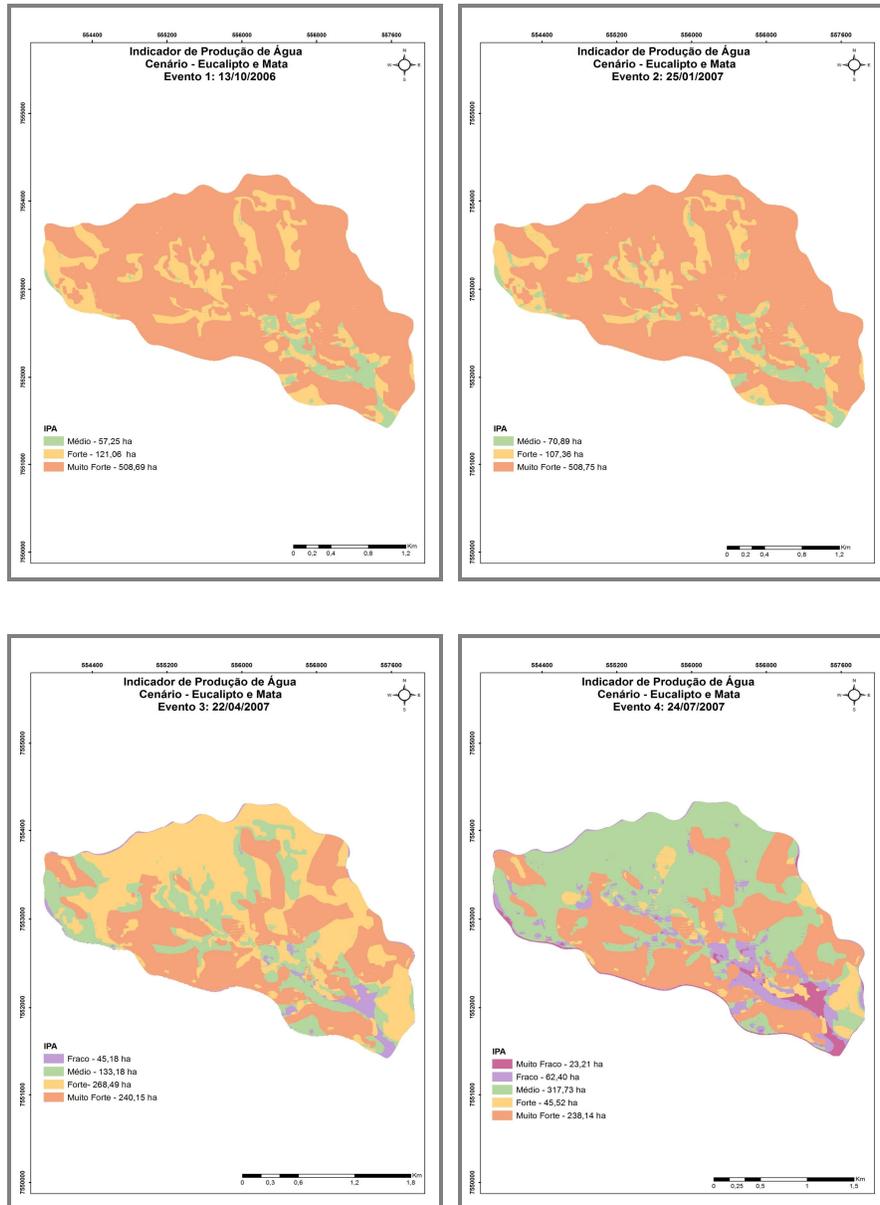


FIGURA 53 Indicador de produção de água dos eventos do cenário para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

As FIGURAS 48 a 53 apresentam valores no intervalo de 0 a 1, ou seja, da menor à maior aptidão à produção de água. Para melhor entendimento do Indicador de Produção de Água (IPA), esse mapa foi dividido em cinco classes de produção de água. Esta divisão permite um planejamento e avaliação da implantação das ações de forma gradativa. As TABELAS 24 a 29 apresentam o quantitativo de áreas em (ha) para cada simulação com os eventos de chuva escolhidos e suas respectivas classes por cada sub-bacia estudada.

TABELA 24 Divisão das áreas por classe do IPA – uso atual (ha) da sub-bacia do ribeirão Marcela.

<b>Classe de IPA</b>	<b>Evento 1</b>	<b>Evento 2</b>	<b>Evento 3</b>	<b>Evento 4</b>
Muito Fraco	3,42	3,00	0,87	17,45
Fraco	17,40	17,37	11,25	17,45
Médio	300,06	244,03	120,37	286,10
Forte	149,12	200,85	<b>337,51</b>	149,00
Muito Forte	-	4,75	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>

TABELA 25 Divisão das áreas por classe do IPA – uso atual (ha) da sub-bacia ribeirão Lavrinha.

<b>Classe de IPA</b>	<b>Evento 1</b>	<b>Evento 2</b>	<b>Evento 3</b>	<b>Evento 4</b>
Muito Fraco	6,16	-	-	-
Fraco	-	293,37	20,19	-
Médio	41,85	-	30,60	23,10
Forte	135,35	-	142,95	76,84
Muito Forte	503,64	393,63	493,26	<b>587,06</b>
<b>TOTAL</b>	<b>687,00</b>	<b>687,00</b>	<b>687,00</b>	<b>687,00</b>

TABELA 26 Divisão das áreas por classe do IPA – cenário 1 (ha) - da sub-bacia do ribeirão Marcela.

<b>Classe de IPA</b>	<b>Evento 1</b>	<b>Evento 2</b>	<b>Evento 3</b>	<b>Evento 4</b>
Muito Fraco	2,96	3,04	0,88	3,23
Fraco	13,35	14,74	8,97	14,29
Médio	242,05	260,35	86,65	243,30
Forte	191,01	187,24	<b>363,77</b>	189,05
Muito Forte	20,63	4,63	9,73	20,13
<b>TOTAL</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>

TABELA 27 Divisão das áreas por classe do IPA – cenário 2 (ha) da sub-bacia do ribeirão Marcela.

Classe de IPA	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4
Muito Fraco	3,01	1,38	1,90	1,84
Fraco	14,16	6,40	11,05	7,98
Médio	243,39	23,83	114,75	29,27
Forte	200,07	181,07	<b>330,14</b>	292,46
Muito Forte	9,37	257,32	12,16	138,45
<b>TOTAL</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>

TABELA 28 Divisão das áreas por classe do IPA – cenário 3 (ha) da sub-bacia do ribeirão Marcela.

Classe de IPA	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4
Muito Fraco	2,99	1,67	1,88	3,72
Fraco	14,11	7,64	10,99	17,38
Médio	239,83	28,45	116,51	290,06
Forte	205,90	244,00	<b>320,47</b>	148,83
Muito Forte	7,17	188,24	20,16	10,01
<b>TOTAL</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>	<b>470,00</b>

TABELA 29 Divisão das áreas por classe do IPA – cenário (ha) da sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

Classe de IPA	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4
Muito Fraco				23,21
Fraco			45,18	62,40
Médio	57,25	70,89	133,18	317,73
Forte	121,06	107,36	268,49	45,52
Muito Forte	<b>508,69</b>	508,75	240,15	238,14
<b>TOTAL</b>	<b>687,00</b>	<b>687,00</b>	<b>687,00</b>	<b>687,00</b>

Analisando os resultados das simulações do Indicador de Produção de Água (IPA) para o Uso Atual das sub-bacias hidrográficas do Ribeirão Marcela e Lavrinha, verifica-se que as duas apresentam uma elevada produção de água representada em todos os eventos de chuva estudados. No caso da sub-bacia do Ribeirão Marcela o Evento 3 apresentou maior área (337,51 ha) na classe Forte produção de água, ou seja, 71% da sub-bacia do Ribeirão Marcela possui forte

potencial de produção de água, considerando o uso atual. Tal situação se justifica em função do fraco potencial de erosão, comparado com o médio potencial de armazenamento. No caso da sub-bacia do Ribeirão Lavrinha, o Evento 4 apresentou maior área (587,06 ha) na classe Muito Forte produção de água, ou seja, 85% da sub-bacia do Ribeirão Lavrinha possui Muito Forte produção de água, considerando o uso atual. Esta situação ocorre principalmente por ser uma bacia de cabeceira e por estar bem conservada.

Para os cenários destacamos o seguinte:

No caso do Cenário 1 (Substituição de 100% de Pastagem por Eucalipto), verifica-se que o Evento 3 apresentou maior área (363,77 ha) na classe Forte produção de água, ou seja, 77% da sub-bacia do Ribeirão Marcela possui forte potencial de produção de água. Fazendo um comparativo com o Uso Atual verifica-se um aumento na classe Muito Forte no Cenário 1, demonstrando que a alteração de 100% de pastagem para eucalipto contribuiu para o aumento de produção de água na sub-bacia do Ribeirão Marcela. Os outros eventos continuaram se destacando na classe média produção de água, ou seja, nenhum dos eventos demonstrou redução de produção de água após alteração da cobertura vegetal.

Para o Cenário 2 (consideração de 25% como área de preservação permanente, Mata, e 75% de eucalipto) verifica-se novamente que o Evento 3 apresentou maior área (330,14 há) na classe Forte produção de água, ou seja, 70% da sub-bacia do Ribeirão Marcela possui forte potencial de produção de água. Comparando com o Uso Atual verifica-se um aumento na classe Muito Forte para o Evento 2 e alterações no Evento 4, de média produção no uso atual para forte produção no Cenário 2, demonstrando que a cobertura com 75% de eucalipto e 25% de mata contribuiu para o aumento de produção de água na sub-bacia do Ribeirão Marcela.

No Cenário 3 (consideração de 25% como área de preservação permanente, Mata, e 75% de pastagem), nota-se novamente um predomínio do Evento 3 apresentando maior área (320,47 há) na classe Forte produção de água, ou seja, 68% da sub-bacia do Ribeirão Marcela possui forte potencial de produção de água. Comparando com o Uso Atual verifica-se um aumento na classe Muito Forte no Cenário 3, e no Evento 2 uma alteração de média produção no uso atual para forte produção no Cenário 3, demonstrando que a cobertura com 75% de pastagem e 25% de mata também contribuiu para o aumento de produção de água na sub-bacia do Ribeirão Marcela.

Analisando de forma geral verifica-se que a maior alteração se deu no Cenário 2 (75% de Eucalipto e 25% de Mata), onde os eventos 2 e 4 tiveram uma maior alteração de sua produção de água, ou seja, uma maior produção. O Evento 3, em todas as simulações, manteve-se sem grandes alterações destacando-se sempre como forte produção de água. A relação quantidade e qualidade demonstraram que as coberturas do solo aliadas a um bom manejo do mesmo contribuem para a garantia da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas.

Para o Cenário simulado para a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha (substituição de 100% de Pastagem por Eucalipto), nota-se que o Evento 1 apresentou maior área (508,69 ha) na classe Muito Forte produção de água, ou seja, 74% da sub-bacia do Ribeirão Lavrinha possui Muito Forte potencial de produção de água. Fazendo um comparativo com o Uso Atual verifica-se um aumento na classe Forte e Muito Forte no Cenário, demonstrando que a alteração de 100% de pastagem para eucalipto contribuiu para o aumento de produção de água na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

Para validar os dados buscou-se fazê-lo através de indicadores hidrológicos como: vazão específica média, relação da vazão da curva de

permanência, vazão média de longo termo máxima, média e mínima e o coeficiente de escoamento. A TABELA 30 apresenta os indicadores para cada sub-bacia estudada.

TABELA 30 Indicadores hidrológicos das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

<b>Indicadores</b>	<b>Ribeirão Marcela</b>	<b>Ribeirão Lavrinha</b>
Vazão Específica Média ( $q=Q_m/A$ )	0,025 m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup>	0,028 m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup>
Vazão da curva de permanência ( $rcp_{95}=Q_{95}/Q_m$ )	0,049 m <sup>3</sup> /s	0,563 m <sup>3</sup> /s
Coeficiente de Escoamento ( $Q_{mlt}/P_t$ )	0,66	0,43
$Q_{mlt}$ máximo	1,415 m <sup>3</sup> /s	0,430 m <sup>3</sup> /s
$Q_{mlt}$ médio	0,116 m <sup>3</sup> /s	0,198 m <sup>3</sup> /s
$Q_{mlt}$ mínimo	0,005 m <sup>3</sup> /s	0,106 m <sup>3</sup> /s

Nota-se pela TABELA 30 que a sub-bacia do Ribeirão Marcela apresenta maior variação na vazão ao longo da série analisada enquanto a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha é mais regularizada e retém mais água na bacia. A FIGURA 54 demonstra a variação sazonal das duas sub-bacias. Esta variação se deve a vários fatores como tipo de solo, uso e cobertura vegetal e relevo.

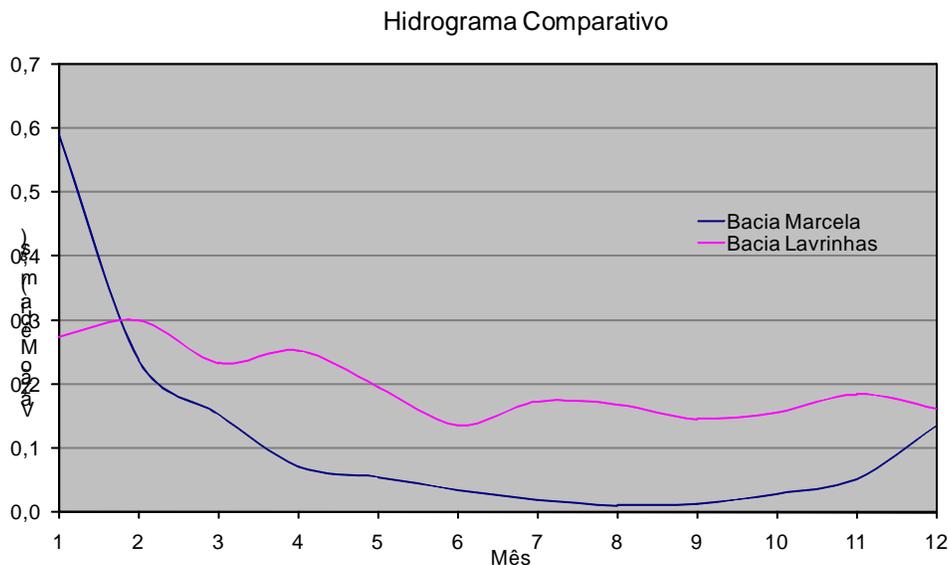


FIGURA 54 Hidrograma comparativo das sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

#### 4.1.4 Análise econômica financeira

Este item visa a analisar a viabilidade de se implantar o programa Produtor de Água, por meio da determinação do VP, VPL e da TIR da situação atual e de possíveis cenários de ocupação versus os valores de incentivo financeiros praticados em algumas regiões do País, bem como verificar se o montante necessário para aplicar o Programa Produtor de Água nas Sub-Bacias do Ribeirão Marcela e Lavrinha pode ser originado da cobrança pelo uso da água.

Após a coleta dos dados, conforme planilha apresentada no Anexo A, foi possível montar um fluxo de caixa determinístico para a situação atual das sub-bacias, bem como para os três cenários propostos para a sub-bacia do Ribeirão Marcela e de um cenário da sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

Por meio deste fluxo foi possível calcular o Valor do Negócio ou Valor Presente (VP), o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno

(TIR) da situação atual e dos cenários propostos. Essas análises foram fundamentais para avaliar a viabilidade de cada conjunto de usos do solo proposto.

Os resultados para cada conjunto de usos dos solos proposto são apresentados nas TABELAS 31 e 32.

TABELA 31 Resultados obtidos – Análise econômica da sub-bacia do ribeirão Marcela.

<b>Variáveis</b>	<b>Uso Atual</b>	<b>Cenário1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
TMA	12%	12%	12%	12%
VP	1.571.592,56	1.361.118,43	928.683,50	1.139.148,49
VPL	831.342,56	620.868,43	188.433,50	398.898,49
TIR	26%	18%	14%	20%

A análise econômica demonstrou que o Uso Atual apresentou o maior Valor Presente (R\$ 1.571.592,56), o maior Valor Presente Líquido (R\$ 831.342,56) e também a maior Taxa Interna de Retorno (26%). O Cenário 1 (substituição de 100% pastagem por eucalipto) apresentou o segundo maior Valor Presente (R\$ 1.361.118,43) e o segundo Valor Presente Líquido (R\$ 620.868,43), com uma Taxa Interna de Retorno (18%) inferior à Taxa Interna de Retorno do Cenário 3 que foi de (20%). Os Cenários 2 e 3 apresentaram um VP e VPL inferiores aos demais. A análise do Uso Atual e do Cenário 3 demonstra que todos os cenários apresentam um alto grau de viabilidade econômica, tendo em vista que as mesmas possuem um fluxo de caixa mais contínuo diferentemente dos Cenários 1 e 2 que, por terem uma maior parte de cobertura do solo por plantações de eucalipto, só possuem uma entrada após o sétimo ano de implantação. As análises de Sensibilidade e de Monte Carlo poderão sinalizar qual e quais das composições de uso do solo são mais viáveis do ponto de vista econômico.

TABELA 32 Resultados obtidos – Análise econômica da sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

<b>Variáveis</b>	<b>Uso Atual</b>	<b>Cenário</b>
TMA	12%	12%
VP	1.158.446,76	1.466.140,82
VPL	76.421,76	384.115,82
TIR	13%	18%

A análise econômica demonstrou que a substituição de 100% da pastagem por eucalipto apresenta o maior VP (R\$ 1.466.140,82) e o maior VPL (R\$ 384.115,82), com a maior Taxa Interna de Retorno (18%). Enquanto o Uso Atual apresenta Valor Presente (R\$ 1.158.446,76), Valor Presente Líquido (R\$ 76.421,76) e uma Taxa Interna de Retorno de (13%). Diferentemente da sub-bacia do Ribeirão Marcela, a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha apresentou resultado econômico significativo na proposta de substituição de 100% de pastagem por eucalipto. Dentro da avaliação verifica-se que tal fato se deve à expressiva área de plantio, propiciando um bom retorno .

As análises de Sensibilidade e de Monte Carlo poderão apontar qual e quais das composições de uso do solo são mais viáveis do ponto de vista econômico.

#### **4.1.5 Análise de sensibilidade**

A Análise de sensibilidade objetiva analisar a influência de cada um dos parâmetros no VPL e na TIR, ou seja, avalia o impacto trazido por uma variação de algum dado e decide os itens e fatores que serão utilizados na Simulação de Monte Carlo.

Na análise de sensibilidade realizada constatou-se que alguns fatores possuem uma maior influência no VPL da sub-bacia do Ribeirão Marcela e Lavrinhas:

- Receita Mínima/hectare.ano – ( $R_{mín}/ha.ano$ ). As receitas obtidas nos estudos para o Uso Atual, Cenários 1, 2 e 3, foram, respectivamente, R\$ 354,38, R\$ 1.063,95, R\$ 930,18 e R\$ 178,64.

- Despesa Máxima/hectare.ano – ( $D_{max}/ha.ano$ ). As despesas obtida nos estudos para o Uso Atual, Cenários 1, 2 e 3, foram, respectivamente, R\$ 979,77, R\$ 1.184,35, R\$ 658,57 e R\$ 452,01.

-Valor necessário de Receita /hectare.ano ( $VR/ha.ano$ ) para igualar à média dos valores praticados (R\$ 138,36) nos estudos para o Uso Atual, Cenários 1, 2 e 3, foram, respectivamente, R\$ 725,55, R\$ 1.036,90, R\$ 710,94 e R\$ 399,60.

-Valor necessário de Despesa /hectare.ano ( $VD/ha.ano$ ) para igualar à média dos valores praticados (R\$ 138,36) nos estudos para o Uso Atual, Cenários 1, 2 e 3, foram, respectivamente, R\$ 618,26, R\$ 1.303,74, R\$ 918,44 e R\$ 232,94.

Na análise de sensibilidade realizada para a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha constatou-se as seguintes influências no VPL:

- Receita Mínima/hectare.ano – ( $R_{mín}/ha.ano$ ). As receitas obtida nos estudos para o Uso Atual e Cenário foram, respectivamente, R\$ 214,66 e R\$ 438,96.

- Despesa Máxima/hectare.ano – ( $D_{max}/ha.ano$ ). A despesa obtida nos estudos para o Uso Atual e Cenário foram, respectivamente, R\$ 189,92 e R\$ 430,81.

-Valor necessário de Receita /hectare.ano ( $VR/ha.ano$ ). Para igualar à média dos valores praticados (R\$ 138,36) nos estudos para o Uso Atual e Cenário 1 foram, respectivamente, R\$ 303,59 e 445,08.

-Valor necessário de Despesa /hectare.ano ( $VD/ha.ano$ ). Para igualar com a média dos valores praticados (R\$ 138,36) nos estudos para o Uso Atual e Cenário 1 foram, respectivamente, R\$ 101,60 e 427,75.

As TABELAS 33 e 34 apresentam os resultados obtidos pela análise de sensibilidade.

TABELA 33 Resultados obtidos da análise de sensibilidade da sub-bacia do ribeirão Marcela.

<b>Variáveis</b>	<b>Uso Atual</b>	<b>Cenário1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
Rmín/ha/ano	354,38	1.063,95	930,18	178,64
Dmax/ha/ano	979,77	1.184,35	658,57	452,01
VR/ha/ano	725,55	1.036,90	710,94	399,60
VD/ha/ano	618,26	1.303,74	918,44	232,94

TABELA 34 Resultados obtidos da análise de sensibilidade da sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

<b>Variáveis</b>	<b>Uso Atual</b>	<b>Cenário</b>
Rmín/ha/ano	214,60	438,96
Dmax/ha/ano	189,92	430,81
VR/ha/ano	303,59	445,08
VD/ha/ano	101,60	427,75

#### 4.1.6 Simulação de Monte Carlo

A simulação de Monte Carlo leva em consideração os fatores que podem sofrer variações no decorrer do negócio e as probabilidades de acontecerem. Considerou-se para cada simulação dois fatores, receita e despesa média por hectare ano.

Nas TABELAS 35 a 38 são apresentados os dados de entrada para a simulação de Monte Carlo do Uso Atual e dos Cenários 1,2 e 3 da sub-bacia do Ribeirão Marcela.

TABELA 35 Dados para simulação de Monte Carlo – uso atual.

<b>Rec/ha/ano</b>		<b>Desp/ha/ano</b>	
250	5%	450	5%
300	5%	550	50%
600	20%	750	35%
756	70%	980	10%

TABELA 36 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário 1.

<b>Rec/ha/ano</b>	855	5%	<b>Desp/ha/ano</b>	898	5%
	1000	5%		1000	50%
	1200	20%		1200	35%
	1442	70%		1340	10%

TABELA 37 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário 2.

<b>Rec/ha/ano</b>	475	5%	<b>Desp/ha/ano</b>	572	5%
	600	5%		700	50%
	800	20%		850	35%
	1056	70%		1000	10%

TABELA 38 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário 3.

<b>Rec/ha/ano</b>	170	5%	<b>Desp/ha/ano</b>	200	5%
	200	5%		250	50%
	300	20%		350	35%
	400	70%		450	10%

Nas TABELAS 39 e 40 são apresentados os dados de entrada para a simulação de Monte Carlo do Uso Atual e do Cenário da sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

TABELA 39 Dados para simulação de Monte Carlo – uso atual.

<b>Rec/ha/ano</b>	150	5%	<b>Desp/ha/ano</b>	100	5%
	200	5%		150	50%
	250	20%		175	35%
	300	70%		200	10%

TABELA 40 Dados para simulação de Monte Carlo – cenário.

<b>Rec/ha/ano</b>	570	5%	<b>Desp/ha/ano</b>	280	5%
	500	5%		300	50%
	480	20%		380	35%
	430	70%		430	10%

Por meio das análises obtiveram-se os resultados apresentados nas FIGURAS 55 a 58 para a sub-bacia do Ribeirão Marcela.

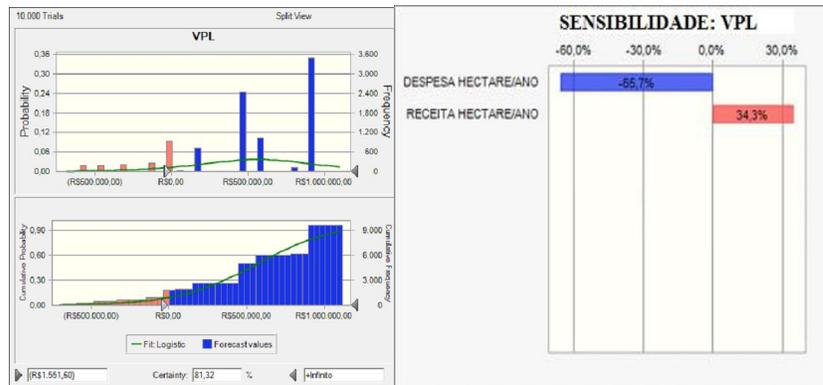


FIGURA 55 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela uso atual.

Verifica-se na FIGURA 55 que o VPL de R\$ 567.702,99 possui um desvio padrão, ou seja, um risco de mais ou menos R\$ 456.204,91 com uma certeza de 81,32 de ser viável.

A FIGURA 56 demonstra que das duas variáveis estudadas, a que possui maior influência no VPL é a da Despesa Hectare/ano (65,70 %), tendo em vista o fluxo de caixa do Uso Atual.

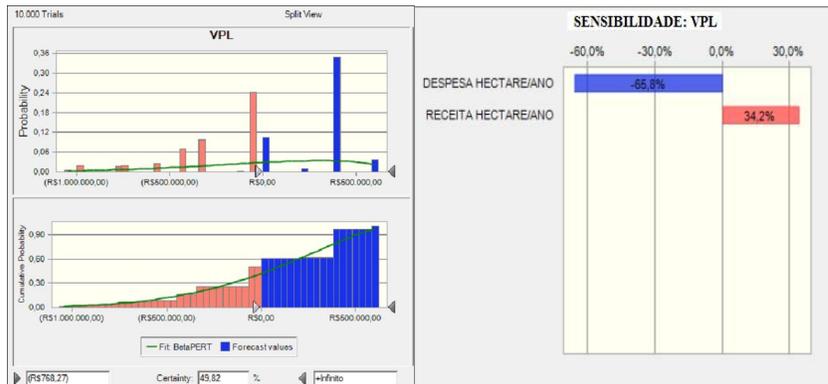


FIGURA 56 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela cenário 1.

Na FIGURA 56, o VPL de R\$ 23.421,09 possui um desvio padrão, ou seja, um risco de mais ou menos R\$ 411.217,98 com uma certeza de 49,82 de ser viável.

A FIGURA 56 demonstra que das duas variáveis estudadas, a que possui maior influência no VPL é a da Despesa Hectare/ano (65,8%), tendo em vista o fluxo de caixa do Cenário 1.

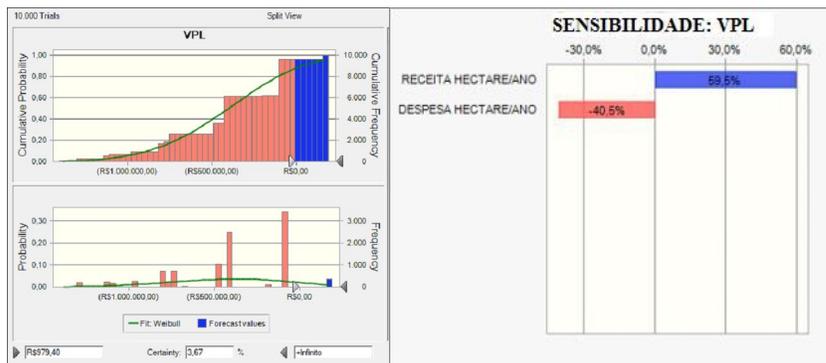


FIGURA 57 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela cenário 2.

Na FIGURA 57, o VPL de (R\$ 416.203,1), possui um desvio padrão, ou seja, um risco de mais ou menos R\$ 352.255,56 com uma certeza de 3,67% de ser viável, ou seja o risco é muito alto inviabilizando o projeto.

A FIGURA 57 demonstra que das duas variáveis estudadas, a que possui maior influência no VPL é a da Receita Hectare/ano (59,5%), tendo em vista o fluxo de caixa do Cenário 2, a maior de todas as composições estudadas até o momento.

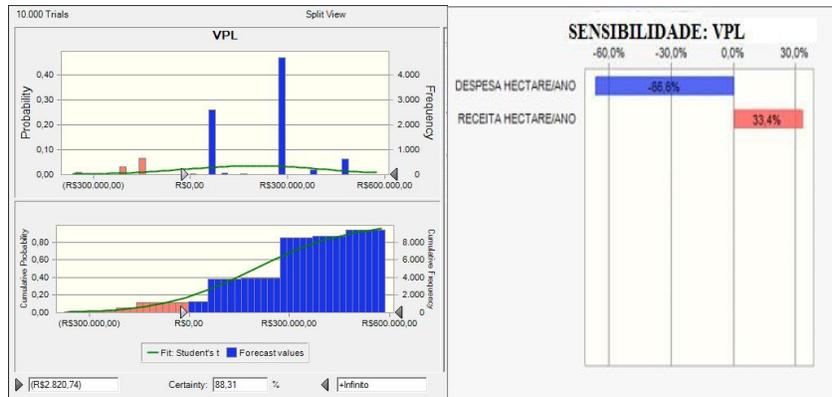


FIGURA 58 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Marcela cenário 3.

A FIGURA 58 mostra que o VPL de R\$ 196.429,43 possui um desvio padrão, ou seja, um risco de mais ou menos R\$ 225.434,82 com uma certeza de 88,31% de ser viável.

A FIGURA 58 demonstra que das duas variáveis estudadas, a que possui maior influência no VPL é a da Despesa Hectare/ano (66,6%) tendo em vista o fluxo de caixa do Cenário 3.

Nas FIGURAS 59 e 60 verifica-se os resultados apresentados para a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

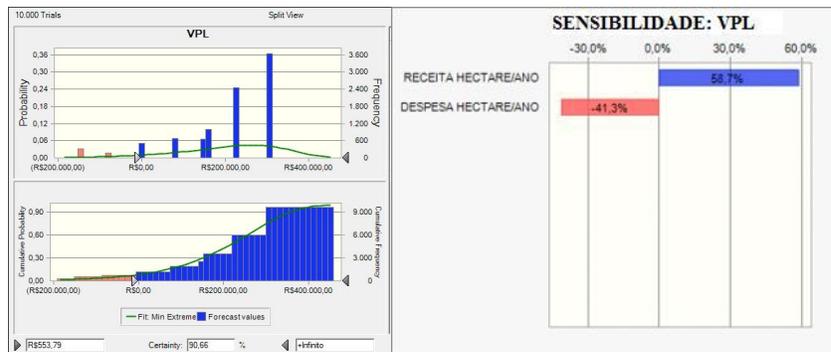


FIGURA 59 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Lavrinha uso atual.

Verifica-se na FIGURA 59 que o VPL de R\$ 200.837,59 possui um desvio padrão, ou seja, um risco de mais ou menos R\$ 140.020,27 com uma certeza de 90,66% de ser viável.

A FIGURA 59 demonstra que das duas variáveis estudadas, a que possui maior influência no VPL é a da Receita Hectare/ano (58,7%) tendo em vista o fluxo de caixa do Uso Atual.

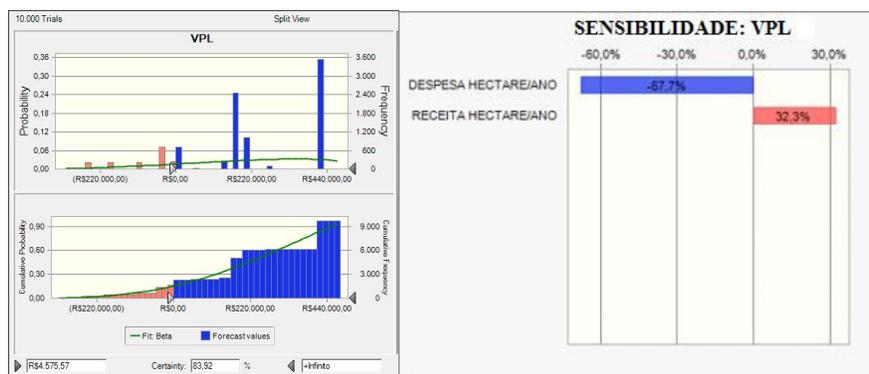


FIGURA 60 Gráfico de risco, incerteza e sensibilidade do VPL – Lavrinha cenário.

Na FIGURA 60, o VPL de R\$ 215.840,25, possui um desvio padrão, ou seja, um risco de mais ou menos R\$ 195.038,84 com uma certeza de 83,92% de ser viável.

A FIGURA 60 demonstra que das duas variáveis estudadas a que possui maior influência no VPL é a da Despesa Hectare/ano (67,7%) tendo em vista o fluxo de caixa do Cenário.

De forma geral todos os cenários da sub-bacia do Ribeirão Marcela apresentam risco elevado de implantação, sendo o Uso Atual e Cenário 2 os que apresentam maior risco, porém o Uso Atual possui uma certeza maior de ser viável (81,32%), ficando abaixo somente do Cenário 3 (88,31%) e menor risco. O Cenário 2 apresenta a menor probabilidade de ser viável. Porém, tendo em vista que na análise econômica o Uso Atual apresentou maior Taxa Interna de

Retorno e por ser um dos que apresentaram um bom Indicador de Produção de Água e uma relação receita/despesa mais próxima dos valores de incentivos que estão sendo aplicados em algumas regiões do País.

Optou-se por calcular o valor a ser aplicado no Programa Produtor de Água na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marcela com base na composição de uso do solo atual, levando-se em conta o evento 3, por ter mantido em todas simulações, forte potencial de produção de água.

No tocante à sub-bacia do Ribeirão Lavrinha, verificou-se que o Uso Atual apresenta um risco menor e uma certeza de 90,66% de ser viável, enquanto que a simulação do Cenário 1 apresentou 83,92% de certeza de ser viável com um risco próximo ao anterior. Verifica-se que os valores estão bastante próximos. No tocante à análise econômica, o Cenário estudado apresentou uma maior taxa interna de retorno e uma significativa alteração em todas classes na simulação quando se utilizou o evento de chuva 4. O valor de receita obtida, se implantar a alternativa do Cenário está 87% acima dos valores médios aplicados no Programa Produtor de Água e o valor do Uso Atual, está 55% abaixo dos valores médios aplicados, porém, para demonstrar a importância deste estudo para a tomada de decisão, optou-se por utilizar o Cenário 1 como referência para os cálculos demonstrados em sequência, mas no caso da sub-bacia do ribeirão Lavrinha o valor médio do Programa Produtor de Água, caso fosse aplicado traria um ganho expressivo para a bacia e para os produtores rurais, desde que fossem adotados critérios de sustentabilidade para os mesmos.

Ressalta-se que as áreas que possuem:

- $IPA > 40\%$  – reconhecer financeiramente;
- $IPA < 40\%$  – criar programas que incentivem os produtores rurais a utilizarem técnicas conservacionistas em suas propriedades.

A variação da classificação das áreas a serem incentivadas, ou seja, reconhecidas e as áreas que necessitam de investimentos antes de serem

reconhecidas como produtoras de água, fica a cargo dos gestores das bacias hidrográficas de acordo com a análise e recursos disponíveis de cada unidade.

As classes de IPA podem servir de base para estabelecer a ordem de aplicação dos recursos de forma gradativa, possibilitando que os gestores avaliem a eficácia do programa e tomem decisões ao longo de sua implantação.

A TABELA 41 apresenta a divisão das áreas do Uso Atual de acordo com as classes de produção de água da sub-bacia do Ribeirão Marcela.

TABELA 41 Divisão das áreas por classe do IPA escolhida – uso atual (ha).

<b>Classe de IPA</b>	<b>Área (ha)</b>
Muito Fraco	0,87
Fraco	11,25
Médio	120,37
Forte	<b>337,51</b>
Muito Forte	-
<b>TOTAL</b>	<b>470,00</b>

De acordo com a TABELA 41 verifica-se que 12,12 ha possuem IPA<40% e 457,88 há apresentam IPA>40%. Portanto, a maior parte da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela será reconhecida como produtora de água.

A TABELA 42 apresenta a divisão das áreas do Cenário de acordo com as classes de produção de água da sub-bacia do Ribeirão Lavrinha.

TABELA 42 Divisão das áreas por classe do IPA escolhida – cenário (ha).

<b>Classe de IPA</b>	<b>Área (ha)</b>
Muito Fraco	23,21
Fraco	62,40
Médio	317,73
Forte	45,52
Muito Forte	238,14
<b>TOTAL</b>	<b>687,00</b>

De acordo com a TABELA 42, verifica-se que 85,61 ha possuem IPA<40% e 601,39 ha apresentam IPA>40%. Portanto, a maior parte da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha será reconhecida como produtora de água.

A TABELA 43 apresenta o valor total por classe de IPA a ser aplicado na sub-bacia do Ribeirão Marcela, utilizando como valor base o obtido pela análise econômica do Uso Atual que é de R\$ 169,42 por hectare.ano.

TABELA 43 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 1.

<b>Classe de IPA</b>	<b>R\$/ANO</b>
Muito Fraco	147,40
Fraco	1.905,98
Médio	20.393,09
Forte	57.180,94
Muito Forte	
<b>TOTAL</b>	<b>79.627,40</b>

A TABELA 44 apresenta o valor total por classe de IPA a ser aplicado na sub-bacia do Ribeirão Marcela, utilizando como valor base a média obtida pelos valores de incentivos financeiros que estão sendo aplicados em várias regiões do País. Utilizou-se R\$ 100,00 (Agência Nacional de Água), R\$ 159,00 (Prefeitura de Extrema – MG), R\$ 154,44 (Bolsa Verde – MG) e R\$ 140,00 (Programa Candeia – Amanhãgua), resultando em R\$ 138,36 por hectare.ano.

TABELA 44 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 2.

<b>Classe de IPA</b>	<b>R\$/ANO</b>
Muito Fraco	120,37
Fraco	1.556,55
Médio	16.654,39
Forte	46.697,88
Muito Forte	
<b>TOTAL</b>	<b>65.029,20</b>

O mesmo critério foi utilizado para a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha, conforme pode ser observado na TABELA 45. O valor base obtido pela análise econômica do Cenário foi de R\$ 259,39 por hectare.ano.

TABELA 45 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 1.

<b>Classe de IPA</b>	<b>R\$/ANO</b>
Muito Fraco	6.020,44
Fraco	16.185,94
Médio	82.415,98
Forte	11.807,43
Muito Forte	61.771,13
<b>TOTAL</b>	<b>178.200,91</b>

A TABELA 46 apresenta o valor total por classe de IPA a ser aplicado na sub-bacia do Ribeirão Lavrinha, utilizando como valor base a média obtida pelos mesmos valores de incentivo financeiros já descritos.

TABELA 46 Valor total a ser aplicado por classe de IPA – ano – proposta 2.

<b>Classe de IPA</b>	<b>R\$/ANO</b>
Muito Fraco	3.211,34
Fraco	8.633,66
Médio	43.961,12
Forte	6.298,15
Muito Forte	32.949,05
<b>TOTAL</b>	<b>95.053,31</b>

A FIGURA 61 demonstra a divisão das áreas a serem incentivadas e reconhecidas nas sub-bacias do Ribeirão Marcela e Lavrinha.

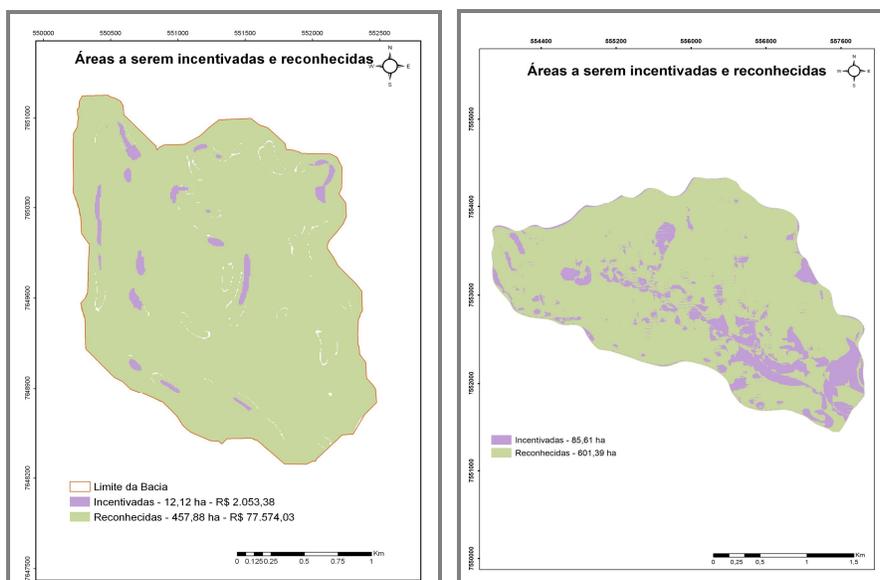


FIGURA 61 Áreas a serem incentivadas e reconhecidas nas sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha.

Conforme mencionado anteriormente, um dos grandes entraves para se colocar em prática os programas de incentivos financeiros em troca de ações preservacionistas é a origem do recurso para subsidiar tal ação. Como sugestões são indicadas a cobrança pelo uso da água e compensações financeiras dos municípios em virtude das áreas alagadas pelo reservatório de Camargos e Itutinga. Buscando avaliar o potencial de arrecadação da sub-bacia do Ribeirão Marcela, e se o mesmo conseguiria apoiar em parte ou em sua totalidade o Programa Produtor de Água realizaram-se algumas simulações conforme serão apresentados em sequência.

De acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) de Minas Gerais (2008), a área estudada apresenta disponibilidade natural de água superficial alta, ou seja,  $RE_{7,10} > 5,5 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1} \text{ km}^2$  (rendimento específico)

Em Minas Gerais, o volume ou lâmina de água outorgável é o resultante de uma vazão equivalente a  $30\% \text{ s } Q_{7,10}$  durante um determinado intervalo de

tempo. Para as sub-bacias do Ribeirão Marcela e Lavrinha considerou-se como valor total outorgável,  $1,65 \text{ L.s}^{-1} \text{ km}^2$ ; esse valor seria o máximo que as sub-bacias estudadas poderiam outorgar. De acordo com o ZEE (2008) as distribuições dos usos das outorgas no GD01 são de 85% para irrigação, 10% para abastecimento e 5% para Indústria. Com a finalidade de analisar o potencial de arrecadação em virtude da cobrança pelo uso da água na área estudada, adotaram-se os valores bases aplicados pelo Comitê de Bacias Piracicaba, Capivarí e Jundiáí, para captação R\$ 0,01  $\text{m}^3$ , para consumo R\$ 0,02  $\text{m}^3$ .

A TABELA 47 apresenta a arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Marcela.

TABELA 47 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Marcela valor total outorgável.

<b>Vazão (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	<b>Valor referência (captação)</b>	<b>Arrecadação Total (R\$)</b>
244.561,7	R\$ 0,01	2.445,62

A TABELA 48 apresenta o potencial de arrecadação em virtude do consumo de água na sub-bacia do ribeirão Marcela, considerando que 85 % é para irrigação, 10% abastecimento e 5% indústria.

TABELA 48 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Marcela – valor referente ao consumo de água.

<b>Uso</b>	<b>% Outorgada</b>	<b>% Consumo</b>	<b>Vazão (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	<b>Valor referência (consumo)</b>	<b>Arrecadação Total (R\$)</b>
Abastecimento	10	0.10	2445,62	R\$ 0,02	48,91
Irrigação	85	0.85	176695,80	R\$ 0,02	3.533,92
Indústria	5	0.50	6114,04	R\$ 0,02	122,28
<b>TOTAL</b>	-	-	-	-	<b>3.705,11</b>

O somatório das duas possibilidades de arrecadação perfaz um total de R\$ 6.150,73, ou seja, R\$ 13,08/ha.

As TABELAS 49 e 50 apresentam as mesmas simulações para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha.

TABELA 49 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Lavrinha – valor total outorgável.

<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Valor referência (captação)</b>	<b>Arrecadação Total (R\$)</b>
357.476,30	R\$ 0,01	3.574,76

TABELA 50 Arrecadação pelo uso da água na sub-bacia do ribeirão Lavrinha – valor referente ao consumo de água.

<b>Uso</b>	<b>% Outorgada</b>	<b>% Consumo</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Valor referência (consumo)</b>	<b>Arrecadação Total (R\$)</b>
Abastecimento	10	0.10	3574,76	R\$ 0,02	71,49
Irrigação	85	0.85	258276,6	R\$ 0,02	5.165,53
Indústria	5	0.50	8936,90	R\$ 0,02	178,74
<b>TOTAL</b>	-	-	-	-	<b>5.415,76</b>

O somatório das duas possibilidades de arrecadação para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha perfaz um total de R\$ 8.990,52, ou seja, R\$ 13,08/ha.

Existem outras arrecadações possíveis como por exemplo a cobrança pelo lançamento de efluentes medido pela DBO, como é feito nas bacias do Paraíba do Sul e Piracicaba, Capivarí e Jundiáí, com o valor de referência 0,07 e 0,10 R\$/kg de DBO respectivamente. Existe, ainda, a possibilidade de arrecadação em função da geração de energia, haja vista que existem duas UHE's localizadas na unidade GD01, UHE Itutinga e Camargos.

As TABELAS 47 a 50 mostram que o potencial de valores a serem arrecadados em função da cobrança pelo uso da água é pequeno, perante o montante necessário para a aplicação no Programa Produtor de Água, porém deve ser lembrado que as sub-bacias estudadas são significativas no contexto geral da bacia hidrográfica do Rio Grande e por isso devem receber incentivos financeiros pela preservação dos recursos hídricos. Os valores arrecadados da

cobrança pelo uso da água devem ser investidos também em outras ações, portanto, reforça-se a importância de buscar outros mecanismos para subsidiar a implantação do Programa Produtor de Água nas bacias hidrográficas, pois o valor arrecadado da cobrança pelo uso da água não é suficiente para sustentá-lo em sua totalidade.

Quanto à questão da compensação financeira, cabe ressaltar que a mesma é originada em virtude de áreas alagadas por Usinas Hidrelétricas acima de 30 MW de potência. Na região em estudo existe a UHE de Camargos e Itutinga/CEMIG, cujas águas das sub-bacias estudadas são as principais formadoras do reservatório da mesma. Se todas as Usinas Hidrelétricas por meio dos municípios revertissem este recurso na aplicação do programa produtor de água em sua região de origem, um grande passo seria dado para a consolidação deste mecanismo na gestão dos recursos hídricos.

Os valores médios obtidos pela compensação financeira do reservatório da UHE Camargos perfaz um total de R\$ 5.390,14 por Km<sup>2</sup>.ano para cada município com suas áreas alagadas, ou seja R\$ 449,18 km<sup>2</sup>.mês. Veja os valores na TABELA 51, referentes a 2008.

TABELA 51 Compensação financeira da UHE Camargos/CEMIG em 2008.

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>ÁREA ALAGADA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
Carrancas	20,32	108.509,23
Itutinga	4,77	25.472,78
Madre de Deus de Minas	9,02	48.162,78
Nazareno	3,28	17.518,54
São João Del Rei	13,08	69.843,48
<b>TOTAL</b>	<b>50,00</b>	<b>269.506,80</b>

Fonte: ANEEL (2008)

Não existe nenhum tipo de tratamento de água para abastecimento público nas duas sub-bacias estudadas. Para obter um parâmetro do custo de

tratamento por metro cúbico para um sistema convencional realizou-se uma consulta à COPASA – Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto de Minas Gerais, porém sem resposta. Diante dos fatos, baseou-se em Mierzwa et al. (2008), que apresentam uma avaliação com base nos custos diretos de implantação e operação, utilizando os dados obtidos em uma unidade piloto instalada junto ao reservatório de Guarapiranga na cidade de São Paulo. O estudo considerou a avaliação de custo pelo método do período de retorno de investimento, obtendo-se R\$ 0,20/m<sup>3</sup> para uma unidade de produção de 100 L/s.

De acordo com os mesmos autores, os custos de tratamento podem ser reduzidos desde que haja uma diminuição das fontes poluidoras, reduzindo assim a quantidade de produtos químicos a serem utilizados no tratamento da água.

Conclui-se com estas informações que com a conscientização da comunidade residente nas sub-bacias do Ribeirão Marcela e Lavrinha alinhada à preservação de nascentes e melhores práticas de manejo, os níveis de poluição seriam menores e, conseqüentemente, os valores financeiros seriam reduzidos para o tratamento da água. Tais valores poderiam ser revertidos para a aplicação do Programa Produtor de Água.

De acordo com o ZEE o valor outorgável para o abastecimento de água na Unidade de Planejamento GD1 é em torno de 10%. Considera-se na simulação que o valor de 0,165 L.s<sup>-1</sup> km<sup>2</sup> teria um custo de tratamento para a sub-bacia do ribeirão Marcela de R\$ 489,12/ ano e para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha de R\$ 714,95/ano. Portanto, se os usuários da bacia hidrográfica contribuírem para a diminuição da poluição dos corpos d'água, estes valores seriam revertidos para a sustentabilidade do programa Produtor de Água.

Nota-se que o potencial de arrecadação pela cobrança do uso da água e redução de produtos químicos no tratamento de água não são suficientes para suportar a implantação do programa Produtor de Água nas sub-bacias estudadas,

baseando-se no valor médio de R\$ 138,36/ha.ano. Se aplicado, seriam necessários R\$ 65.029,20 para a sub-bacia do ribeirão Marcela e R\$ 95.053,32 para a sub-bacia do ribeirão Lavrinha. Caso os valores de compensação financeira por áreas alagadas pela formação de reservatórios de UHEs ou a utilização de recursos de Fundo de Recursos Hídricos como o FHIDRO em Minas Gerais pudessem ser utilizados como fontes financiadoras do programa Produtor de Água, ter-se-ia para as sub-bacias do ribeirão Marcela e Lavrinha uma sustentabilidade do programa.

O modelo proposto tem como aplicação a bacia hidrográfica e a ordem de aplicação dos recursos deve levar em conta se as áreas não possuem nenhum tipo de passivo ambiental, como falta de reserva legal, inexistência de APP entre outros.

Cabe aos gestores das unidades buscar, através dos instrumentos apresentados neste estudo, maneiras de sustentabilidade do Programa Produtor de Água. A divisão das Classes de IPA podem contribuir para o estabelecimento de metas de aplicação dos recursos, permitindo uma análise constante da implantação do programa, além de permitir que se faça uma reserva de recursos para eventuais necessidades.

Não se pode deixar de lado a questão das áreas de preservação permanente (APP's) e Reserva Legal, pois se essas áreas não estiverem adequadas legalmente, não devem receber os recursos até que estejam em dia com seu passivo ambiental. A sub-bacia do ribeirão Marcela tem uma área de 487 há, sendo que 75% é coberta por pastagem. Seria necessário, para atender à legislação ambiental, que nesta sub-bacia houvesse 91,90 ha destinados à Reserva Legal e 137,38 ha para APP's. Na sub-bacia do ribeirão Lavrinha, por estar em local de maior altitude, a restrição é maior. A sub-bacia possui 687 ha de área, sendo que 284,8 ha (41%) estão sendo utilizados para pastagem; o restante já possui áreas com mata, regeneração natural e várzea. Comparada, à

sub-bacia do ribeirão Marcela, a sub-bacia do ribeirão Lavrinha apresenta melhores condições de preservação.

## 5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados e nas análises realizadas, obtiveram-se as seguintes conclusões:

1- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implantação da gestão dos recursos hídricos e o conjunto de propriedades rurais é responsável pelo aumento ou diminuição da água na bacia hidrográfica;

2- Técnicas de manejo e conservação do solo como terraceamento, bacias de acumulação, plantio em curvas de níveis contribuem para o aumento ou diminuição de água na bacia hidrográfica;

3- A Técnica de Inferência Fuzzy utilizando AHP mostrou-se uma boa ferramenta para subsidiar a tomada de decisão dos gestores das bacias hidrográficas;

4- A definição do potencial de erosão com potencial de armazenamento demonstrou ser eficaz na definição do Indicador de Produção de Água, pois integraram quantidade e qualidade de água;

5- A utilização de eventos de chuva (período seco e úmido) mostrou-se uma boa técnica de avaliação para definir a quantidade de água infiltrada e escoada superficialmente;

6- As simulações de diversos cenários demonstraram alterações na produção de água, confirmando que a forma de manejo e conservação do solo é fundamental para o aumento da produção de água na bacia hidrográfica;

7- A análise da evapotranspiração demonstrou que existe uma grande perda de água nas regiões de cobertura do solo com mata, demonstrando que nestas áreas há uma menor produção de água;

8- Os estudos de evapotranspiração demonstraram que a proposta de reflorestamento de todas as áreas descobertas por mata não irá contribuir de forma total para o aumento da produção de água na bacia hidrográfica.

9- A definição das classes do Indicador de Produção de Água – IPA permitirá aos gestores das unidades de gestão estabelecer metas gradativas de implantação do programa Produtor de Água, propiciando uma análise constante e alterações caso necessário.

10- Os mecanismos de análises econômicas demonstraram uma grande sensibilidade na definição dos valores a serem propostos pelos gestores das bacias hidrográficas aos produtores rurais, bem como contribuiram para visualizar os retornos financeiros em virtude da utilização dada para o solo versus os modelos de incentivo financeiros atualmente aplicados;

11- Os incentivos financeiros aos produtores de água permitirão uma melhor conservação do solo e, conseqüentemente, aumento na disponibilidade de água;

12- Os recursos originados pela cobrança do uso da água não são suficientes para custear em sua totalidade o Programa Produtor de Água;

13- Outros incentivos como Compensação Financeira e valores obtidos pela diminuição dos custos de tratamento de água podem contribuir para

a sustentabilidade do Programa Produtor de Água, desde que seja utilizada a soma dos valores da bacia hidrográfica como um todo;

14- Não se pode desprezar o uso atual das áreas estudadas como parâmetro de definição dos valores a serem aplicados pelo Programa Produtor de Água, evitando assim um impacto social devido à continuidade dos recursos oferecidos;

15- Há necessidade de se criar instrumentos de controle para avaliar constantemente a aplicação dos recursos nas unidades de gestão;

16- Deve-se aplicar os recursos somente nas áreas sem passivos ambientais.

17- Existe uma grande necessidade de se criar mecanismos que deem sustentabilidade ao Programa Produtor de Água.

## SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se:

- 1- Realizar monitoramentos hidrológicos em diversas bacias hidrográficas com características diferentes de uso do solo para obter dados da produção de água para as mesmas;
- 2- Aplicar técnicas de inferência fuzzy em outras bacias hidrográficas para obter resultados comparativos;
- 3- Estudar o comportamento da evapotranspiração de diversas culturas desde o plantio;
- 4- Utilizar em outros estudos simulações hidrológicas com eventos de chuvas de forma a obter maiores dados sobre a sua aplicação.
- 5- Realizar simulações econômicas com outros dados para obter resultados comparativos em outras regiões do País;
- 6- Novos estudos que propiciem a criação de mecanismos de tomada de decisão usando geoprocessamento;
- 7- Criar um Fundo que possa garantir continuamente o Programa Produtor de Água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS ; AGEVAP. **A cobrança pelo uso da água nas bacias dos rios Paraíba do Sul e PCJ em 2006: avaliação e proposta de aperfeiçoamento.** Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2008.

AMÂNCIO, R. **Introdução ao estudo de gestão e manejo ambiental.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p.23-36. Apostila.

ANTUNES, J. **Modelo de avaliação de risco de controle utilizando a lógica nebulosa.** São Paulo. 2004. 159p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – AGRIANUAL. São Paulo: Instituto FNP. 2009b. 502p.

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA – ANUALPEC. São Paulo: Instituto FNP, 2008a. 380p.

BARRETO NETO, A.A.; SOUZA FILHO, C.R. Modelagem hidrológica utilizando lógica fuzzy, SIG e dados de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p.3287-3294.

BELLIA, V. **Introdução à economia do meio ambiente.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal/IBAMA, 1996. 262p.

BOLETIM INFORMATIVO: **assembléia informa**, v.17, n.3, 2008. p.3-4.

BRASIL. **Lei n. 7.803**, 15 jun. 1989. Altera a redação da Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis n° 6.535, de 15 de julho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7803.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2007.

BRASIL. **Lei n. 8.171**, 17 de janeiro de. 1991. Dispõe sobre a Política Agrícola. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8171.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2007.

BRASIL. **Lei n. 9.433**, 08 de janeiro de. 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 8 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 12 jun. 2007.

BRASIL. **Lei n. 9.984**, 17 de julho de. 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19984.htm)>. Acesso em: 12 jun. 2007.

BRASIL. **Lei n. 4.771**, de 15 de julho de 1965. Institui o novo Código florestal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2007.

CÂMARA, G.; MOREIRA, F.R.; BARBOSA, C.; ALMEIDA FILHO, R.; BÖNISH, S. Técnicas de inferência geográfica. In: CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência de geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 48p.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R.S. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002. 458p.

CHAVES, H.M.L.; BRAGA, B.; DOMINGUES, A.F.; SANTOS, D.G. Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do “Programa do Produtor de Água”(ANA): I. Teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.9, n.3, p.5-14, jul./set. 2004b.

CHAVES, H.M.L.; BRAGA, B.; DOMINGUES, A.F.; SANTOS, D.G. Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do “Programa do Produtor de Água”(ANA): II. Aplicação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.9, n.3, p. 5-14, jul./set. 2004a.

DAVIDE, A.C. **Plano integrado de desenvolvimento florestal sustentável de suporte ao programa de revitalização da bacia do rio São Francisco nos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Distrito Federal (PIDF-SF): síntese executiva**. Lavras: UFLA, 2008. 118p.

EXTREMA, MG. Câmara Municipal. **Decreto 1.703**, 06 abr. 2006. Regulamenta a Lei 2.100/05 que cria o projeto conservador das águas, autoriza o Executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e da outras providências. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Decreto-1703-06\\_Extrema-MG.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Decreto-1703-06_Extrema-MG.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2007.

EXTREMA, MG. Câmara Municipal. **Lei n. 2.100**, 21 dez. 2005. Cria o Projeto Conservador das Águas, autoriza o executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências. Extrema: Prefeitura Municipal de Extrema, 2005. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Lei-2100-05\\_Extrema-MG.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Lei-2100-05_Extrema-MG.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2007.

FREITAS, M.A.V. **O Estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília: ANEE, 1999. 334p.

GÓIS, J.A.; CENTENO, T.M. Integração fuzzy de imagens e dados heterogêneos no auxílio à avaliação de impacto ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p.3037-3044.

GOMES, M.N. **Aplicação do LISEM (Limburg Soil Erosion Model) para simulação hidrológica em bacia hidrográfica tropical**. 2008. 206p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GOMES, N.M.; FARIAS, M.A. de; SILVA, A.M. da; MELLO, C.R. de; VIOLA, M.R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.4, p.427-435, jul./ago. 2007.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A. **Escoamento de nascentes associado à variabilidade espacial de atributos físicos e uso do solo em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande, MG**. 2006. 84p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

KAWAKUBO, F.S.; MORATO, R.G.; CAMPOS, K.C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J.L.S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p.2203-2210.

LANNA, A.E. **Economia dos recursos hídricos:** programa de pós-graduação em recursos hídricos e saneamento ambiental, parte I e II. Porto Alegre: UFGRS/Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2001. 301p.

LANNA, A.E. **Gestão das águas:** reflexões a respeito de sua aplicação no Brasil. Porto Alegre: UFGRS/Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 1999. 235p.

LANNA, A.E.; RIBEIRO, M.M.R. Instrumentos regulatórios e econômicos – aplicabilidade à gestão das águas e à Bacia do Rio Pirapama-PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.6, n.4, p.41-70, 2001.

LEAL, M.S. **Gestão ambiental de recursos hídricos:** princípios e aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 176p.

MATTOS, R. **Aplicação da contabilidade na gestão dos recursos hídricos.** 2003. 250p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

MEDEIROS, S. **Método para análise de projetos em unidades de conservação, usando lógica fuzzy.** 2003. 86p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MEIRELLES, M.S.P.; BUENO, M. do C.D.; DIAS, T.C.S.; COUTINHO, H.L.C. Sistema de suporte a decisão para avaliação do risco de impactos ambientais em bacias hidrográficas por redes de dependência e lógica fuzzy. In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais.** Goiânia. INPE, 2005. p.2259-2266.

MEIRELLES, M.S.P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C.M. de (Ed.). **Geomática:** modelos e aplicações ambientais. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. cap. 12.

MIERZWA, J.C.; SILVA, M.C.C. da; RODRIGUES, L.Di BEO; HESPANHOL, I. Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa por meio dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.13, n.1, jan./mar. 2008. p.78-87.

MINAS GERAIS. **Lei n. 13199**, de 29 de Janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em: 12 jun. 2007.

MINAS GERAIS. **Lei 14.309**, de 19 de junho de 2002. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.showsite.com.br/silvimirinas/html/AnexoCampo/legislacao.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2007.

MINAS GERAIS. **Lei 17.727**, 2008. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as Leis nº 13.199, 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <[http://www.hera.almg.gov.br/cgi-bin/nphbrs?d=NJMG&f=G&l=20&n=&p=1&r=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama\\_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&SECT8=DIRINJMG&SECT9=TODODOC&co1=E&co2=E&co3=E&s1=&s2=17727&s3=&s4=>](http://www.hera.almg.gov.br/cgi-bin/nphbrs?d=NJMG&f=G&l=20&n=&p=1&r=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&SECT8=DIRINJMG&SECT9=TODODOC&co1=E&co2=E&co3=E&s1=&s2=17727&s3=&s4=>)>. Acesso em: 20 out. 2008.

NEVES, B.V.B.; VERSIANI, B.R.; RODRIGUES, P.C.H. Geoprocessamento como ferramenta no estudo de correlação entre a dinâmica da cobertura vegetal e a evapotranspiração. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.12, n.4, p.87-102, out./dez. 2007.

PAULA, E.M.S.; SOUZA, M.J.N. Lógica Fuzzy como técnica de apóio ao Zoneamento Ambiental. In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis. INPE, 2007. p.2979-2984.

PELLIZZETTI, M.A. **Análise da aplicabilidade do modelo proposto pela Agência Nacional das Águas (ANA) para compensações financeiras por benefícios ambientais e sua adequação às condições da bacia do Itajaí, SC.** 2007. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau/Centro de Ciências Tecnológicas, Blumenau.

PICKBRENNER, K.; PEDROLLO, M.C.; RISSO, A. Determinação do CN utilizando geoprocessamento: simulação hidrológica na bacia do rio Criciúma. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2005. p.1-17.

PINTO, D.B.F. **Qualidade dos recursos hídricos superficiais em sub-bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande, MG.** 2007. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PRUSKI, F.F. **Conservação de solo e água:** práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, MG: UFV, 2006. 240p.

REIS, M.M. **Custos ambientais associados à geração de energia elétrica:** hidrelétricas x termelétricas a gás natural. 2001. 200p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RENNÓ, C.D. **Construção de um sistema de análises e simulação hidrológica:** aplicação a bacias hidrográficas. 2003. 158p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

REZENDE, J.L.P. de. **Análise econômica e social de projetos florestais.** 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 386p.

RODIGHERI, H.R.; SILVA, H.D. da; TUSSOLINI, E.L. **Indicadores de custos, produtividade e renda de plantios de eucaliptos para energia na região de Guarapuava, PR.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 7p. (Embrapa Florestas, Comunicado técnico, 179).

RUHOFF, A.L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas:** modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas. 2004. 93p. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SANTOS, D.G.A. **Cobrança pelo uso da água.** 2000.106p. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

SCOLFORO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T. de; OLIVEIRA, A.D. de.  
**Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE):**  
componentes geofísico e biótico. Lavras: UFLA, 2008. 195p.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução  
ao gerenciamento de recursos hídricos.** 3.ed. Brasília: ANEEL/ANA, 2002.  
327p.

SHIVA, V. **Guerras por água:** privatização, poluição e lucro. São Paulo:  
Radical Livros, 2006. 178p.

SILVA, P.M.O. **Modelagem do escoamento superficial e da erosão hídrica  
na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela, Alto Rio Grande, MG.**  
2006. 155p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 4.ed. Porto Alegre:  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 943p.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de vazões.** Porto Alegre: Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, 2002. 256p.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos.** 2.ed. Porto Alegre: Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 678p.

VALENTE, O.F.; DIAS, H.C.T. A bacia hidrográfica como unidade de  
produção de água. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, MG, v.4, n.20, 2001. p.8-  
9.

VALENTE, O.F.; GOMES, M.A. Produtor de água: um estudo de caso e  
propostas de trabalho. **Água em notícias**, Viçosa, MG, n.5, out. 2003.

VIOLA, M.R. **Simulação hidrológica nas bacias de drenagem para o  
reservatório da UHE de Camargos/CEMIG.** 2008. 120p. Dissertação  
(Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras,  
Lavras.

## ANEXOS

<b>ANEXO A</b>	<b>Página</b>
TABELA 1A Valores de área (ha), do coeficiente CN e S necessários para o cálculo do escoamento superficial nos diferentes usos do solo na bacia Marcela.....	170
TABELA 2A Valores de escoamento superficial (mm) para os quatro eventos selecionados nos sete diferentes usos de solo.....	170
TABELA 3A Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 15 de janeiro de 2007 (evento 1). ....	171
TABELA 4A Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 17 de março de 2007 (evento 2).....	171
TABELA 5A. Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 23 de maio de 2007 (evento 3).....	172
TABELA 6A Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 23 de junho de 2007 (evento 4).....	172
TABELA 7A Valores de evapotranspiração nas classes de uso do solo da bacia Marcela, calculado pelo método de Penman, nos evento 1 (15/01/2007) e evento 2 (17/03/2007).....	173
TABELA 8A Valores de evapotranspiração nas classes de uso do solo da bacia Marcela, calculado pelo método de Penman, nos evento 3 (23/05/2007) e evento 4 (23/07/2007) .....	174
TABELA 9A. Simulação do potencial de infiltração considerando o uso atual da bacia nos eventos 1 (15/01/2007) e 2 (17/03/2007).....	175
TABELA 10A Simulação do potencial de infiltração considerando o uso atual da bacia nos eventos 3 (23/05/2007) e 4 (23/07/2007).....	175

TABELA 11A Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% eucalipto e uso atual nos eventos 1 (15/01/2007) .....	176
TABELA 12A Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% eucalipto e uso atual nos eventos 3 (23/05/2007) .....	176
TABELA 13A Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% eucalipto e 25% APP nos eventos 1 (15/01/2007) e 2 (17/03/2007).....	177
TABELA 14A Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% eucalipto e 25% APP nos eventos 3 (23/05/2007) e 4 (23/07/2007).....	177
TABELA 15A Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% eucalipto e 25% APP nos eventos 1 (15/01/2007) e 2 (17/03/2007).....	178
TABELA 16A Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% pasto e 25% APP nos eventos 3 (23/05/2007) e 4 (23/07/2007).....	178
TABELA 17A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual / Eucalipto .....	179
TABELA 18A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual /pastagem.....	180
TABELA 19A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual /milho e café. ....	181
TABELA 20A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual /cana, mata e estrada. ....	182
TABELA 21A. Fluxo de caixa da simulação econômica uso atual. ....	183
TABELA 22A Dados levantados para a simulação econômica – cenário : Eucalipto e uso atual. ....	184

TABELA 23A Dados levantados para a simulação econômica – cenário : Eucalipto e uso atual. ....	185
TABELA 24A Dados levantados para a simulação econômica – cenário : Eucalipto e uso atual. ....	186
TABELA 25A Fluxo de caixa da simulação econômica: cenário Eucalipto e uso atual.....	187
TABELA 26A Dados levantados para a simulação econômica – cenário : 75% Eucalipto e 25% APP.....	188
TABELA 27A. Fluxo de caixa – cenário:75% Eucalipto e 25% APP.....	189
TABELA 28A Dados levantados para a simulação econômica – cenário:75% pasto e 25% APP.....	190
TABELA 29A. Fluxo de caixa – cenário:75% pasto e 25% APP's.....	191
TABELA 30A Dados levantados para a simulação econômica – cenário : 75% Eucalipto e 25% APP.....	192
TABELA 31A. Fluxo de caixa – cenário:75% Eucalipto e 25% APP.....	193
TABELA 32A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual – Eucalipto - Lavrinha.....	194
TABELA 33A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual – pastagem - Lavrinha.....	195
TABELA 34A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual – mata - Lavrinha.....	196
TABELA 35A. Fluxo de caixa – uso atual - Lavrinha.....	197
TABELA 36A Dados levantados para a simulação econômica – cenário – Eucalipto e mata - Lavrinha .....	198
TABELA 37A Dados levantados para a simulação econômica – cenário – mata - Lavrinha.....	199
TABELA 38A Fluxo de caixa – cenário – Eucalipto e mata - Lavrinha.....	200

TABELA 1A Valores de área (ha), do coeficiente CN e S necessários para o cálculo do escoamento superficial nos diferentes usos do solo na bacia Marcela.

Itens	Uso do Solo	Área (há)	CN	S
1	Mata	19.83	60	169.33
2	Eucalipto	9.13	68	119.53
3	Pasto	354.78	67	125.10
4	Milho	79.73	76	80.21
5	Café	1.73	76	80.21
6	Cana	1.53	76	80.21
7	Estrada	3.27	75	84.67

170 TABELA 2A Valores de escoamento superficial (mm) para os quatro eventos selecionados nos sete diferentes usos de solo presentes na bacia Marcela.

Eventos	Precipitação (mm)	Mata	Eucalipto	Pasto	Milho	Café	Cana	Estrada
1 – 15/01/2007	36	0.03	1.11	0.89	3.98	3.98	3.98	3.50
2 – 17/03/2007	19	1.43	0.21	0.30	0.11	0.11	0.11	0.05
3 – 23/05/2007	23	0.75	0.01	0.03	0.56	0.56	0.56	0.41
4 – 23/07/2007	17	1.87	0.42	0.55	0.01	0.01	0.01	0.0001

TABELA3A. Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 15 de janeiro de 2007 (evento 1).

<b>Ano</b>	<b>mês</b>	<b>dia</b>	<b>hora</b>	<b>VV(Km/h)</b>	<b>VV(m/s)</b>	<b>UR(%)</b>	<b>T(°C)</b>
2007	1	15	19:00	8.57	2.38	52.07	21.51
2007	1	15	19:15	10.02	2.78	61.32	20.35
2007	1	15	19:30	7.95	2.21	66.01	19.93
2007	1	15	19:45	4.61	1.28	68.22	19.92
2007	1	15	20:00	2.26	0.63	70.03	19.97
2007	1	15	20:15	1.28	0.36	70.58	19.95
2007	1	15	20:30	0.48	0.13	72.09	19.97
2007	1	15	20:45	0.00	0.00	74.55	20.01
2007	1	15	21:00	0.00	0.00	77.96	20.05

TABELA 4A. Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 17 de março de 2007 (evento 2).

<b>Ano</b>	<b>mês</b>	<b>dia</b>	<b>hora</b>	<b>VV(Km/h)</b>	<b>VV(m/s)</b>	<b>UR(%)</b>	<b>T(°C)</b>
2007	3	17	22:00	11.74	3.26	56.95	19.01
2007	3	17	22:15	4.12	1.14	63.63	18.40
2007	3	17	22:30	0.88	0.24	68.73	18.30
2007	3	17	22:45	0.21	0.06	72.45	18.41
2007	3	17	23:00	0.32	0.09	74.99	18.46
2007	3	17	23:15	0.08	0.02	74.93	18.39
2007	3	17	23:30	0.04	0.01	75.79	18.36
2007	3	17	23:45	0.05	0.01	76.77	18.33

TABELA 5A Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 23 de maio de 2007 (evento 3).

Ano	mês	dia	hora	VV(Km/h)	VV(m/s)	UR(%)	T(°C)
2007	5	23	17:00	6.46	1.79	59.89	15.94
2007	5	23	17:15	9.11	2.53	62.27	15.18
2007	5	23	17:30	8.55	2.37	64.57	14.92
2007	5	23	17:45	6.45	1.79	66.46	14.92
2007	5	23	18:00	4.48	1.24	67.58	14.95
2007	5	23	18:15	6.17	1.71	67.90	14.87
2007	5	23	18:30	4.73	1.31	68.05	14.80
2007	5	23	18:45	2.89	0.80	68.15	14.73
2007	5	23	19:00	3.38	0.94	68.33	14.68
2007	5	23	19:15	1.32	0.37	68.52	14.56
2007	5	23	19:30	0.93	0.26	68.88	14.46
2007	5	23	19:45	0.97	0.27	69.53	14.39
2007	5	23	20:00	0.23	0.06	70.56	14.38
2007	5	23	20:15	1.40	0.39	70.64	14.27
2007	5	23	20:30	1.29	0.36	71.04	14.17
2007	5	23	20:45	0.60	0.17	71.73	14.12
2007	5	23	21:00	0.00	0.00	72.67	14.11
2007	5	23	21:15	0.00	0.00	73.98	14.15
2007	5	23	21:30	0.00	0.00	75.21	14.14
2007	5	23	21:45	0.01	0.00	76.38	14.12
2007	5	23	22:00	0.04	0.01	77.56	14.15
2007	5	23	22:15	0.01	0.00	78.83	14.16
2007	5	23	22:30	0.00	0.00	79.60	14.15
2007	5	23	22:45	0.00	0.00	80.03	14.12
2007	5	23	23:00	0.00	0.00	80.33	14.09
2007	5	23	23:15	0.12	0.03	80.98	14.11
2007	5	23	23:30	0.25	0.07	81.71	14.13
2007	5	23	23:45	0.47	0.13	82.35	14.14

TABELA 6A. Valores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do dia 23 de junho de 2007 (evento 4).

Ano	mês	dia	hora	VV(Km/h)	VV(m/s)	UR(%)	T(°C)
2007	7	23	23:00	17.57	4.88	53.75	16.95
2007	7	23	23:15	11.11	3.09	64.99	16.20
2007	7	23	23:30	4.99	1.39	74.00	16.18
2007	7	23	23:45	0.86	0.24	80.19	16.44

TABELA 7A Valores de evapotranspiração nas classes de uso do solo da bacia Marcela, calculado pelo método de Penman, nos evento 1 (15/01/2007) e evento 2 (17/03/2007) .

Áreas	Evapotranspiração							
	Eventos							
	1	2						
	Total (mm/dia)	Total (mm/s)	Evento(mm)	E0 (m³)	Total (mm/dia)	Total (mm/s)	Evento(mm)	E0 (m³)
Mata	38.73	0.0004483	3.23	15169.36	25.98	0.0003007	1.08	5087.22
Cana	36.79	0.0004258	3.07	14409.69	24.60	0.0002848	1.03	4818.15
Pasto	36.14	0.0004183	3.01	14156.46	24.15	0.0002795	1.01	4728.46
Milho	34.64	0.0004009	2.89	13565.61	23.08	0.0002671	0.96	4519.19
Café	36.34	0.0004206	3.03	14234.12	24.29	0.0002811	1.01	4755.97
Eucalipto	33.13	0.0003834	2.76	12974.75	22.01	0.0002547	0.92	4309.92
Solo	30.97	0.0003585	2.58	12130.67	20.48	0.0002371	0.85	4010.96
Uso Atual	35.91	0.0004156	2.99	14064.43	23.98	0.0002775	1.00	4695.84

TABELA 8A Valores de evapotranspiração nas classes de uso do solo da bacia Marcela, calculado pelo método de Penman, nos evento 3 (23/05/2007) e evento 4 (23/07/2007) .

Áreas	3				4			
	Total (mm/dia)	Total (mm/s)	Evento(mm)	E0 (m³)	Total (mm/dia)	Total (mm/s)	Evento(mm)	E0 (m³)
	Mata	57.56	0.0006662	2.40	11272.25	10.60	0.0001227	0.44
Cana	54.48	0.0006306	2.27	10669.6	10.18	0.0001178	0.42	1993.30
Pasto	53.46	0.0006187	2.23	10468.71	10.04	0.0001162	0.42	1965.77
Milho	51.06	0.0005910	2.13	9999.984	9.71	0.0001124	0.40	1901.53
Café	53.80	0.0006227	2.24	10535.67	10.08	0.0001167	0.42	1974.94
Eucalipto	48.67	0.0005633	2.03	9531.255	9.38	0.0001086	0.39	1837.28
Solo	45.25	0.0005237	1.89	8861.643	8.91	0.0001032	0.37	1745.51
Uso Atual	53.08	0.0006144	2.21	10395.65	9.99	0.0001156	0.42	1955.81

TABELA 9A Simulação do potencial de infiltração considerando o uso atual da bacia nos eventos 1 (15/01/2007) e 2 (17/03/2007).

Usos do Solo	Área (ha)	Área (m²)	1				2			
			Precipitação (m³)	ES	E0	Infiltração	Precipitação	ES	E0	IPA
Mata	19.83	198300.00	169200	5.949	640.02	168554.03	89300	283.6	214.64	88801.79
Eucalipto	9.13	91300.00	169200	101.343	252.04	168846.62	89300	19.2	83.72	89197.10
Cana	1.53	15300.00	169200	60.894	46.91	169092.20	89300	1.7	15.68	89282.63
Pasto	354.78	3547800.00	169200	3157.542	10686.02	155356.44	89300	1064.3	3569.29	84666.37
Milho	79.73	797300.00	169200	3173.254	2301.25	163725.50	89300	87.7	766.63	88445.67
Café	1.73	17300.00	169200	68.854	52.39	169078.75	89300	1.9	17.51	89280.59
Solo	3.27	32700.00	169200	114.45	84.40	169001.15	89300	1.6	27.91	89270.46

175

TABELA 10A. Simulação do potencial de infiltração considerando o uso atual da bacia nos eventos 3 (23/05/2007) e 4 (23/07/2007).

Usos do Solo	Área (ha)	Área (m²)	3				4			
			Precipitação	ES	E0	IPA	Precipitação	ES	E0	IPA
Mata	19.83	198300.00	108100	148.725	475.59	107475.68	79900	370.82	87.59	79441.59
Eucalipto	9.13	91300.00	108100	0.913	185.15	107913.94	79900	38.35	35.69	79825.96
Cana	1.53	15300.00	108100	8.568	34.73	108056.70	79900	0.15	6.49	79893.36
Pasto	354.78	3547800.00	108100	106.434	7902.32	100091.25	79900	1951.29	1483.86	76464.85
Milho	79.73	797300.00	108100	446.488	1696.38	105957.13	79900	7.97	322.57	79569.46
Café	1.73	17300.00	108100	9.688	38.78	108051.53	79900	0.17	7.27	79892.56
Solo	3.27	32700.00	108100	13.407	61.65	108024.94	79900	0.0033	12.14	79887.85

TABELA 11A. Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% Eucalipto e uso atual nos eventos 1 (15/01/2007) e 2 (17/03/2007).

Usos do Solo	Área (ha)	Área (m <sup>2</sup> )	1				2			
			Precipitação (m <sup>3</sup> )	ES	E0	Infiltração	Precipitação	ES	E0	Infiltração
75% Eucalipto	363.91	3639100	169200	4039.40	10046.05	155114.55	89300	764.21	3337.07	85198.72
Mata	19.83	198300	169200	5.95	640.02	168554.03	89300	283.57	214.64	88801.79
Cana	1.53	15300	169200	60.89	46.91	169092.20	89300	1.68	15.68	89282.63
Milho	79.73	797300	169200	3173.25	2301.25	163725.50	89300	87.70	766.63	88445.67
Café	1.73	17300	169200	68.85	52.39	169078.75	89300	1.90	17.51	89280.59
Solo	3.27	32700	169200	114.45	84.40	169001.15	89300	1.64	27.91	89270.46

176 TABELA 12A. Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% Eucalipto e uso atual nos eventos 3 (23/05/2007) e 4 (23/07/2007).

Usos do Solo	Área (há)	Área (m <sup>2</sup> )	3				4			
			Precipitação	ES	E0	Infiltração	Precipitação	ES	E0	Infiltração
75% Eucalipto	363.91	3639100	108100	36.39	7379.83	100683.78	79900	1528.42	1422.567	76949.01
Mata	19.83	198300	108100	148.73	475.59	107475.68	79900	370.82	87.58511	79441.59
Cana	1.53	15300	108100	8.57	34.73	108056.70	79900	0.15	6.488825	79893.36
Milho	79.73	797300	108100	446.49	1696.38	105957.13	79900	7.97	322.5716	79569.46
Café	1.73	17300	108100	9.69	38.78	108051.53	79900	0.17	7.269477	79892.56
Solo	3.27	32700	108100	13.41	61.65	108024.94	79900	0.003	12.1443	79887.85

TABELA 13A. Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% Eucalipto e 25% APP nos eventos 1 (15/01/2007) e 2 (17/03/2007).

Usos do Solo	Área (ha)	Área (m²)	1				2			
			Precipitação (m³)	ES	E0	Infiltração	Precipitação	ES	E0	IPA
25% App's	115.22	1152200	169200	34.566	3718.752	165446.6821	89300	1647.646	1247.126	86405.2281
75% Eucalipto	354.78	3547800	169200	3938.058	9794.006	155467.936	89300	745.038	3253.346	85301.6164

TABELA 14A. Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% Eucalipto e 25% APP nos eventos 3 (23/05/2007) e 4 (23/07/2007).

Usos do Solo	Área (ha)	Área (m²)	3				4			
			Precipitação	ES	E0	IPA	Precipitação	ES	E0	IPA
25% App's	115.22	1152200	108100	864.15	2763.379	104472.471	79900	2154.614	508.9035	77236.482
75% Eucalipto	354.78	3547800	108100	35.478	7194.678	100869.844	79900	1490.076	1386.876	77023.048

TABELA 15A. Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% Eucalipto e 25% APP nos eventos 1 (15/01/2007) e 2 (17/03/2007).

Usos do Solo	Área (ha)	Área (m²)	1				2			
			Precipitação (m³)	ES	E0	Infiltração	Precipitação	ES	E0	IPA
25% App's	115.22	1152200	169200	34.566	3718.752	165446.6821	89300	1647.646	1247.126	86405.2281
75% Pasto	354.78	3547800	169200	3157.542	10686.02	155356.4368	89300	1064.34	3569.286	84666.3743
<b>Total</b>	<b>470</b>	<b>4700000</b>								

TABELA 16A Simulação do potencial de infiltração considerando o cenário 75% pasto e 25% APP nos eventos 3 (23/05/2007) e 4 (23/07/2007).

Usos do Solo	Área (ha)	Área (m²)	3				4			
			Precipitação	ES	E0	IPA	Precipitação	ES	E0	IPA
25% App's	115.22	1152200	108100	864.15	2763.379	104472.471	79900	2154.614	508.9035	77236.482
75% Pasto	354.78	3547800	108100	106.434	7902.319	100091.247	79900	1951.29	1483.862	76464.848

TABELA 17A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual / Eucalipto.

EUCALIPTO				
INVESTIMENTO		R\$/há	Total	
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 14.379,75	
<b>DESPESAS</b>				
<b>1.Operacional</b>				
Insumos/Manutenção				
1o ANO		R\$ 1.318,00	R\$ 12.033,34	
2o ANO		R\$ 380,00	R\$ 3.469,40	
3o ANO		R\$ 50,00	R\$ 456,50	
4o ANO		R\$ 50,00	R\$ 456,50	
5o ANO		R\$ 254,22	R\$ 2.321,03	
6o ANO		R\$ 322,47	R\$ 2.944,15	
7o ANO		R\$ 50,00	R\$ 456,50	
<b>2.Mão-de-obra</b>				
1o ANO		R\$ 500,00	R\$ 4.565,00	
2o ANO		R\$ 275,00	R\$ 2.510,75	
3o ANO		R\$ 150,00	R\$ 1.369,50	
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO				
<b>3.Corte + empilhamento</b>				
1o ANO				
2o ANO				
3o ANO				
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO		R\$ 1.960,00	R\$ 17.894,80	
<b>4. Juros do Custeio</b>				
<b>RECEITA</b>				
<b>Produção</b>				
1o ANO				
2o ANO				
3o ANO				
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO		R\$ 9.800,00	R\$ 89.474,00	
<b>INDICADORES</b>				
Hectares		9,13		
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 1.263,23	Média em função de 159,00 + 140,00 + 100,00 + 154,44
VR Residual		3.293,00	R\$ 30.065,09	
TMA		12%	12%	

TABELA 18A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual /pastagem.

<b>PASTAGEM</b>			
<b>INVESTIMENTO</b>			<b>Total</b>
TERRENO/Hectare	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 558.778,50
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Leite			
1o ANO		152.640	R\$ 76.121,57
2o ANO		152.640	R\$ 76.121,57
3o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
4o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
5o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
6o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
7o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
<b>2.Mão-de-obra</b>			
1o ANO		152.640	R\$ 20.591,14
2o ANO		152.640	R\$ 20.591,14
3o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
4o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
5o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
6o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
7o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção/Leite</b>			
1o ANO		152.640	R\$ 101.017,15
2o ANO		152.640	R\$ 101.017,15
3o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
4o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
5o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
6o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
7o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
<b>Venda Animal</b>			
1o ANO			
2o ANO		48	R\$ 54.000,00
3o ANO		48	R\$ 54.000,00
4o ANO		48	R\$ 54.000,00
5o ANO		48	R\$ 54.000,00
6o ANO		48	R\$ 54.000,00
7o ANO		48	R\$ 54.000,00
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		354,78	
Índice Insumo/Manutenção		0,50	
Índice Mão de Obra		0,13	
Preço Leite Bruto		R\$ 0,6618	
Preço Venda de Animais		R\$ 1.125,00	
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 49.087,36
VR Residual		5.200,00	R\$ 1.844.856,00
TMA		12%	12%

TABELA 19A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual /milho e café.

MILHO			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 125.574,75
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Mão Obra			
1o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
2o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
3o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
4o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
5o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
6o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
7o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
2o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
3o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
4o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
5o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
6o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
7o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		79,73	
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 11.031,44
VR Residual		10.055,00	R\$ 801.685,15
TMA		12%	12%
CAFÉ			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 5.150,25
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Mão Obra			
1o ANO		R\$ 6.364,00	R\$ 20.810,28
2o ANO		R\$ 3.252,00	R\$ 10.634,04
3o ANO		R\$ 5.447,00	R\$ 17.811,69
4o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
5o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
6o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
7o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO			
2o ANO			
3o ANO		5.100,00	R\$ 16.677,00
4o ANO		10.200,00	R\$ 33.354,00
5o ANO		10.200,00	R\$ 33.354,00

TABELA 20A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual /cana, mata e estrada.

<b>CANA</b>			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 2.724,75
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Mão Obra			
1o ANO		R\$ 3.799,00	R\$ 6.572,27
2o ANO		R\$ 3.928,00	R\$ 6.795,44
3o ANO		R\$ 3.379,00	R\$ 5.845,67
4o ANO		R\$ 3.269,00	R\$ 5.655,37
5o ANO		R\$ 2.913,00	R\$ 5.039,49
6o ANO		R\$ 2.714,00	R\$ 4.695,22
7o ANO		R\$ 3.799,00	R\$ 6.572,27
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO			
2o ANO		R\$ 3.672,00	R\$ 6.352,56
3o ANO		R\$ 2.916,00	R\$ 5.044,68
4o ANO		R\$ 2.619,00	R\$ 4.530,87
5o ANO		R\$ 2.295,00	R\$ 3.970,35
6o ANO		R\$ 2.020,00	R\$ 3.494,60
7o ANO			
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		1,73	
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 239,36
VR Residual		8.719,00	R\$ 15.083,87
TMA		12%	12%
<b>MATA</b>			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 31.232,25
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		19,83	
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 2.743,68
VR Residual		1.575,00	R\$ 31.232,25
TMA		12%	12%
<b>ESTRADA</b>			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 2.409,75
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		1,53	
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 211,69
VR Residual		1.575,00	R\$ 2.409,75

TABELA 21A. Fluxo de caixa da simulação econômica uso atual.

Projeção da Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Receita Bruta de Vendas</b>		244.531	304.884	358.373	374.536	373.975	373.499	459.479
- Impostos Proporcionais		0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita Líquida de Vendas</b>		<b>244.531</b>	<b>304.884</b>	<b>358.373</b>	<b>374.536</b>	<b>373.975</b>	<b>373.499</b>	<b>459.479</b>
- Custos Fixos		0	0	0	0	0	0	0
- Custos Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Bruto</b>		<b>244.531</b>	<b>304.884</b>	<b>358.373</b>	<b>374.536</b>	<b>373.975</b>	<b>373.499</b>	<b>459.479</b>
- Despesas Fixas		260.416	239.844	278.414	282.907	284.155	284.434	301.718
- Despesas Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
- Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Marketing		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Financeiras (Juros)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Operacional</b>		<b>-15.885</b>	<b>65.040</b>	<b>79.959</b>	<b>91.629</b>	<b>89.820</b>	<b>89.065</b>	<b>157.761</b>
- Despesas não operacionais		0	0	0	0	0	0	0
+ Receitas não operacionais		0	0	0	0	0	0	2.026.039
<b>Lucro antes do IR</b>		<b>-15.885</b>	<b>65.040</b>	<b>79.959</b>	<b>91.629</b>	<b>89.820</b>	<b>89.065</b>	<b>2.183.800</b>
- IRPJ / CSLL		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Líquido</b>		<b>-15.885</b>	<b>65.040</b>	<b>79.959</b>	<b>91.629</b>	<b>89.820</b>	<b>89.065</b>	<b>2.183.800</b>
+ Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Resultado não operacional		0	0	0	0	0	0	2.026.039
- Amortização dívidas		0	0	0	0	0	0	0
- Investimento	740.250	0	0	0	0	0	0	0
+ Liberação Financiamento		0	0	0	0	0	0	0
+ Valor Residual		0	0	0	0	0	0	2.766.289
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-740.250</b>	<b>-15.885</b>	<b>65.040</b>	<b>79.959</b>	<b>91.629</b>	<b>89.820</b>	<b>89.065</b>	<b>2.924.050</b>

TMA 12%  
 VP R\$ 1.571.592,56  
 VPL R\$ 831.342,56  
 TIR 26%

TABELA 22A Dados levantados para a simulação econômica – cenário: Eucalipto e uso atual.

EUCALIPTO				
INVESTIMENTO		R\$/há	Total	
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 573.158,25	
<b>DESPESAS</b>				
<b>1. Operacional</b>				
Insumos/Manutenção				
1o ANO		R\$ 1.318,00	R\$ 479.633,38	
2o ANO		R\$ 380,00	R\$ 138.285,80	
3o ANO		R\$ 50,00	R\$ 18.195,50	
4o ANO		R\$ 50,00	R\$ 18.195,50	
5o ANO		R\$ 254,22	R\$ 92.513,20	
6o ANO		R\$ 322,47	R\$ 117.350,06	
7o ANO		R\$ 50,00	R\$ 18.195,50	
<b>2. Mão-de-obra</b>				
1o ANO		R\$ 500,00	R\$ 181.955,00	
2o ANO		R\$ 275,00	R\$ 100.075,25	
3o ANO		R\$ 150,00	R\$ 54.586,50	
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO				
<b>3. Corte + empilhamento</b>				
1o ANO				
2o ANO				
3o ANO				
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO		R\$ 1.960,00	R\$ 713.263,60	
<b>4. Juros do Custeio</b>				
<b>RECEITA</b>				
<b>Produção</b>				
1o ANO				
2o ANO				
3o ANO				
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO		R\$ 9.800,00	R\$ 3.566.318,00	
<b>INDICADORES</b>				
Hectares		363,91		
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 50.350,59	Média em função de 159,00 + 140,00 + 100,00 + 154,44
VR Residual		3.293,00	R\$ 1.198.355,63	
TMA		12%	12%	

TABELA 23A Dados levantados para a simulação econômica – cenário: Eucalipto e uso atual.

MILHO			
<b>INVESTIMENTO</b>			
			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 125.574,75
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Mão Obra			
1o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
2o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
3o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
4o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
5o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
6o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
7o ANO		R\$ 1.501,62	R\$ 119.724,16
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
2o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
3o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
4o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
5o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
6o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
7o ANO		1.800,00	R\$ 143.514,00
<b>INDICADORES</b>			
<b>Hectares</b>			
		79,73	
<b>Compensação Ambiental</b>			
		138,36	R\$ 11.031,44
<b>VR Residual</b>			
		10.055,00	R\$ 801.685,15
<b>TMA</b>			
		12%	12%
CAFE			
<b>INVESTIMENTO</b>			
			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 5.150,25
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Mão Obra			
1o ANO		R\$ 6.364,00	R\$ 20.810,28
2o ANO		R\$ 3.252,00	R\$ 10.634,04
3o ANO		R\$ 5.447,00	R\$ 17.811,69
4o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
5o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
6o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
7o ANO		R\$ 7.298,00	R\$ 23.864,46
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO		150.093,00	R\$ 150.093,00
2o ANO			
3o ANO		5.100,00	R\$ 16.677,00
4o ANO		10.200,00	R\$ 33.354,00
5o ANO		10.200,00	R\$ 33.354,00

TABELA 24A Dados levantados para a simulação econômica – cenário: Eucalipto e uso atual.

CANA			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 2.724,75
<b>DESPESAS</b>			
<b>1. Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Mão Obra			
1o ANO		R\$ 3.799,00	R\$ 6.572,27
2o ANO		R\$ 3.928,00	R\$ 6.795,44
3o ANO		R\$ 3.379,00	R\$ 5.845,67
4o ANO		R\$ 3.269,00	R\$ 5.655,37
5o ANO		R\$ 2.913,00	R\$ 5.039,49
6o ANO		R\$ 2.714,00	R\$ 4.695,22
7o ANO		R\$ 3.799,00	R\$ 6.572,27
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO			
2o ANO		R\$ 3.672,00	R\$ 6.352,56
3o ANO		R\$ 2.916,00	R\$ 5.044,68
4o ANO		R\$ 2.619,00	R\$ 4.530,87
5o ANO		R\$ 2.295,00	R\$ 3.970,35
6o ANO		R\$ 2.020,00	R\$ 3.494,60
7o ANO			
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		1,73	
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 239,36
VR Residual		8.719,00	R\$ 15.083,87
TMA		12%	12%
MATA			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 31.232,25
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		19,83	
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 2.743,68
VR Residual		1.575,00	R\$ 31.232,25
TMA		12%	12%
ESTRADA			
<b>INVESTIMENTO</b>			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 2.409,75
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		1,53	
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 211,69
VR Residual		1.575,00	R\$ 2.409,75

TABELA 25A. Fluxo de caixa da simulação econômica: cenário Eucalipto e uso atual.

Projeção da Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Receita Bruta de Vendas</b>		143.514	149.867	165.236	181.399	180.838	180.363	3.743.186
- Impostos Proporcionais		0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita Líquida de Vendas</b>		<b>143.514</b>	<b>149.867</b>	<b>165.236</b>	<b>181.399</b>	<b>180.838</b>	<b>180.363</b>	<b>3.743.186</b>
- Custos Fixos		0	0	0	0	0	0	0
- Custos Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Bruto</b>		<b>143.514</b>	<b>149.867</b>	<b>165.236</b>	<b>181.399</b>	<b>180.838</b>	<b>180.363</b>	<b>3.743.186</b>
- Despesas Fixas		808.695	375.515	216.163	167.439	241.141	265.634	881.620
- Despesas Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
- Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Marketing		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Financeiras (Juros)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Operacional</b>		<b>-665.181</b>	<b>-225.648</b>	<b>-50.928</b>	<b>13.959</b>	<b>-60.303</b>	<b>-85.271</b>	<b>2.861.566</b>
- Despesas não operacionais		0	0	0	0	0	0	0
+ Receitas não operacionais		0	0	0	0	0	0	1.349.473
<b>Lucro antes do IR</b>		<b>-665.181</b>	<b>-225.648</b>	<b>-50.928</b>	<b>13.959</b>	<b>-60.303</b>	<b>-85.271</b>	<b>4.211.039</b>
- IRPJ / CSLL		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Líquido</b>		<b>-665.181</b>	<b>-225.648</b>	<b>-50.928</b>	<b>13.959</b>	<b>-60.303</b>	<b>-85.271</b>	<b>4.211.039</b>
+ Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Resultado não operacional		0	0	0	0	0	0	1.349.473
- Amortização dívidas		0	0	0	0	0	0	0
- Investimento	740.250	0	0	0	0	0	0	0
+ Liberação Financiamento		0	0	0	0	0	0	0
+ Valor Residual		0	0	0	0	0	0	2.089.723
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-740.250</b>	<b>-665.181</b>	<b>-225.648</b>	<b>-50.928</b>	<b>13.959</b>	<b>-60.303</b>	<b>-85.271</b>	<b>4.951.289</b>

TMA 12%  
 VP R\$ 1.361.118,43  
 VPL R\$ 620.868,43  
 TIR 18%

TABELA 26A Dados levantados para a simulação econômica – cenário : 75% Eucalipto e 25% APP.

EUCALIPTO			
<b>INVESTIMENTO</b>			
		R\$/há	Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 558.778,50
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção			
1o ANO		R\$ 1.318,00	R\$ 467.600,04
2o ANO		R\$ 380,00	R\$ 134.816,40
3o ANO		R\$ 50,00	R\$ 17.739,00
4o ANO		R\$ 50,00	R\$ 17.739,00
5o ANO		R\$ 254,22	R\$ 90.192,17
6o ANO		R\$ 322,47	R\$ 114.405,91
7o ANO		R\$ 50,00	R\$ 17.739,00
<b>2.Mão-de-obra</b>			
1o ANO		R\$ 500,00	R\$ 177.390,00
2o ANO		R\$ 275,00	R\$ 97.564,50
3o ANO		R\$ 150,00	R\$ 53.217,00
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO			
<b>3.Corte + empilhamento</b>			
1o ANO			
2o ANO			
3o ANO			
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO		R\$ 1.960,00	R\$ 695.368,80
<b>4. Juros do Custo</b>			
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO			
2o ANO			
3o ANO			
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO		R\$ 9.800,00	R\$ 3.476.844,00
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		354,78	
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 49.087,36 Média em função de 159,00 + 140,00 + 100,00 + 154,44
VR Residual		3.293,00	R\$ 1.168.290,54
TMA		12%	12%
<b>MATA</b>			
<b>INVESTIMENTO</b>			
			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 181.471,50

TABELA 27A. Fluxo de caixa – cenário: 75% Eucalipto e 25% APP.

Projeção da Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Receita Bruta de Vendas</b>		0	0	0	0	0	0	3.476.844
- Impostos Proporcionais		0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita Líquida de Vendas</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.476.844</b>
- Custos Fixos		0	0	0	0	0	0	0
- Custos Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Bruto</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.476.844</b>
- Despesas Fixas		644.990	232.381	70.956	17.739	90.192	114.406	713.108
- Despesas Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
- Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Marketing		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Financeiras (Juros)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Operacional</b>		<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>2.763.736</b>
- Despesas não operacionais		0	0	0	0	0	0	0
+ Receitas não operacionais		0	0	0	0	0	0	609.512
<b>Lucro antes do IR</b>		<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>3.373.248</b>
- IRPJ / CSLL		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Líquido</b>		<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>3.373.248</b>
+ Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Resultado não operacional		0	0	0	0	0	0	609.512
- Amortização dívidas		0	0	0	0	0	0	0
- Investimento	740.250	0	0	0	0	0	0	0
+ Liberação Financiamento		0	0	0	0	0	0	0
+ Valor Residual		0	0	0	0	0	0	1.349.762
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-740.250</b>	<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>4.113.498</b>

TMA 12%  
 VP R\$ 928.683,50  
 VPL R\$ 188.433,50  
 TIR 14%

TABELA 28A Dados levantados para a simulação econômica – cenário:75% pasto e 25% APP.

PASTAGEM			
<b>INVESTIMENTO</b>			<b>Total</b>
TERRENO/Hectare	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 558.778,50
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Leite			
1o ANO		152.640	R\$ 76.121,57
2o ANO		152.640	R\$ 76.121,57
3o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
4o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
5o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
6o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
7o ANO		210.240	R\$ 104.846,69
<b>2.Mão-de-obra</b>			
1o ANO		152.640	R\$ 20.591,14
2o ANO		152.640	R\$ 20.591,14
3o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
4o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
5o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
6o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
7o ANO		210.240	R\$ 28.361,38
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção/Leite</b>			
1o ANO		152.640	R\$ 101.017,15
2o ANO		152.640	R\$ 101.017,15
3o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
4o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
5o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
6o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
7o ANO		210.240	R\$ 139.136,83
<b>Venda Animal</b>			
1o ANO			
2o ANO		48	R\$ 54.000,00
3o ANO		48	R\$ 54.000,00
4o ANO		48	R\$ 54.000,00
5o ANO		48	R\$ 54.000,00
6o ANO		48	R\$ 54.000,00
7o ANO		48	R\$ 54.000,00
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		354,78	
Índice Insumo/Manutenção		0,50	
Índice Mão de Obra		0,13	
Preço Leite Bruto		R\$ 0,6618	
Preço Venda de Animais		R\$ 1.125,00	
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 49.087,36
VR Residual		5.200,00	R\$ 1.844.856,00
TMA		12%	12%

TABELA 29A. Fluxo de caixa – cenário: 75% pasto e 25% APP.

Projeção da Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Receita Bruta de Vendas</b>		101.017	155.017	193.137	193.137	193.137	193.137	193.137
- Impostos Proporcionais		0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita Líquida de Vendas</b>		<b>101.017</b>	<b>155.017</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>
- Custos Fixos		0	0	0	0	0	0	0
- Custos Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Bruto</b>		<b>101.017</b>	<b>155.017</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>	<b>193.137</b>
- Despesas Fixas		96.713	96.713	133.208	133.208	133.208	133.208	133.208
- Despesas Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
- Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Marketing		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Financeiras (Juros)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Operacional</b>		<b>4.304</b>	<b>58.304</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>
- Despesas não operacionais		0	0	0	0	0	0	0
+ Receitas não operacionais		0	0	0	0	0	0	1.286.078
<b>Lucro antes do IR</b>		<b>4.304</b>	<b>58.304</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>1.346.006</b>
- IRPJ / CSLL		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Líquido</b>		<b>4.304</b>	<b>58.304</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>1.346.006</b>
+ Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Resultado não operacional		0	0	0	0	0	0	1.286.078
- Amortização dívidas		0	0	0	0	0	0	0
- Investimento	740.250	0	0	0	0	0	0	0
+ Liberação Financiamento		0	0	0	0	0	0	0
+ Valor Residual		0	0	0	0	0	0	2.026.328
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-740.250</b>	<b>4.304</b>	<b>58.304</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>59.929</b>	<b>2.086.256</b>

TMA	12%
VP	R\$ 1.139.148,49
VPL	R\$ 398.898,49
TIR	20%

TABELA 30A Dados levantados para a simulação econômica – cenário: 75% Eucalipto e 25% APP.

EUCALIPTO			
<b>INVESTIMENTO</b>			
		R\$/há	Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 558.778,50
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção			
1o ANO		R\$ 1.318,00	R\$ 467.600,04
2o ANO		R\$ 380,00	R\$ 134.816,40
3o ANO		R\$ 50,00	R\$ 17.739,00
4o ANO		R\$ 50,00	R\$ 17.739,00
5o ANO		R\$ 254,22	R\$ 90.192,17
6o ANO		R\$ 322,47	R\$ 114.405,91
7o ANO		R\$ 50,00	R\$ 17.739,00
<b>2.Mão-de-obra</b>			
1o ANO		R\$ 500,00	R\$ 177.390,00
2o ANO		R\$ 275,00	R\$ 97.564,50
3o ANO		R\$ 150,00	R\$ 53.217,00
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO			
<b>3.Corte + empilhamento</b>			
1o ANO			
2o ANO			
3o ANO			
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO		R\$ 1.960,00	R\$ 695.368,80
<b>4. Juros do Custeio</b>			
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO			
2o ANO			
3o ANO			
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO		R\$ 9.800,00	R\$ 3.476.844,00
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		354,78	
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 49.087,36 Média em função de 159,00 + 140,00 + 100,00 + 154,44
VR Residual		3.293,00	R\$ 1.168.290,54
TMA		12%	12%
<b>MATA</b>			
<b>INVESTIMENTO</b>			
			Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 181.471,50

TABELA 31A. Fluxo de caixa – cenário: 75% Eucalipto e 25% APP.

Projeção da Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa								
Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Receita Bruta de Vendas</b>		0	0	0	0	0	0	3.476.844
- Impostos Proporcionais		0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita Líquida de Vendas</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.476.844</b>
- Custos Fixos		0	0	0	0	0	0	0
- Custos Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Bruto</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.476.844</b>
- Despesas Fixas		644.990	232.381	70.956	17.739	90.192	114.406	713.108
- Despesas Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
- Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Marketing		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Financeiras (Juros)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Operacional</b>		<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>2.763.736</b>
- Despesas não operacionais		0	0	0	0	0	0	0
+ Receitas não operacionais		0	0	0	0	0	0	609.512
<b>Lucro antes do IR</b>		<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>3.373.248</b>
- IRPJ / CSLL		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Líquido</b>		<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>3.373.248</b>
+ Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Resultado não operacional		0	0	0	0	0	0	609.512
- Amortização dívidas		0	0	0	0	0	0	0
- Investimento	740.250	0	0	0	0	0	0	0
+ Liberação Financiamento		0	0	0	0	0	0	0
+ Valor Residual		0	0	0	0	0	0	1.349.762
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-740.250</b>	<b>-644.990</b>	<b>-232.381</b>	<b>-70.956</b>	<b>-17.739</b>	<b>-90.192</b>	<b>-114.406</b>	<b>4.113.498</b>

TMA	12%
VP	R\$ 928.683,50
VPL	R\$ 188.433,50
TIR	14%

TABELA 32A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual – Eucalipto – Lavrinha.

EUCALIPTO				
<b>INVESTIMENTO</b>				
		R\$/há	Total	
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 0,00	
<b>DESPESAS</b>				
<b>1. Operacional</b>				
Insumos/Manutenção				
1o ANO		R\$ 1.318,00	R\$ 0,00	
2o ANO		R\$ 380,00	R\$ 0,00	
3o ANO		R\$ 50,00	R\$ 0,00	
4o ANO		R\$ 50,00	R\$ 0,00	
5o ANO		R\$ 254,22	R\$ 0,00	
6o ANO		R\$ 322,47	R\$ 0,00	
7o ANO		R\$ 50,00	R\$ 0,00	
<b>2. Mão-de-obra</b>				
1o ANO		R\$ 500,00	R\$ 0,00	
2o ANO		R\$ 275,00	R\$ 0,00	
3o ANO		R\$ 150,00	R\$ 0,00	
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO				
<b>3. Corte + empilhamento</b>				
1o ANO				
2o ANO				
3o ANO				
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO		R\$ 1.960,00	R\$ 0,00	
<b>4. Juros do Custeio</b>				
<b>RECEITA</b>				
<b>Produção</b>				
1o ANO				
2o ANO				
3o ANO				
4o ANO				
5o ANO				
6o ANO				
7o ANO		R\$ 9.800,00	R\$ 0,00	
<b>INDICADORES</b>				
Hectares		0,00		
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 0,00	Média em função de 159,00 + 140,00 + 100,00 + 154,44
VR Residual		3.293,00	R\$ 0,00	
TMA		12%	12%	

TABELA 33A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual – pastagem – Lavrinha.

PASTAGEM			
<b>INVESTIMENTO</b>			
TERRENO/Hectare	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 437.535,00
<b>DESPESAS</b>			
<b>1.Operacional</b>			
Insumos/Manutenção/Leite			
1o ANO		141.120	R\$ 70.376,54
2o ANO		141.120	R\$ 70.376,54
3o ANO		194.372	R\$ 96.933,32
4o ANO		194.372	R\$ 96.933,32
5o ANO		194.372	R\$ 96.933,32
6o ANO		194.372	R\$ 96.933,32
7o ANO		194.372	R\$ 96.933,32
<b>2.Mão-de-obra</b>			
1o ANO		141.120	R\$ 19.037,09
2o ANO		141.120	R\$ 19.037,09
3o ANO		194.372	R\$ 26.220,78
4o ANO		194.372	R\$ 26.220,78
5o ANO		194.372	R\$ 26.220,78
6o ANO		194.372	R\$ 26.220,78
7o ANO		194.372	R\$ 26.220,78
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção/Leite</b>			
1o ANO		141.120	R\$ 93.393,22
2o ANO		141.120	R\$ 93.393,22
3o ANO		194.373	R\$ 128.635,92
4o ANO		194.373	R\$ 128.635,92
5o ANO		194.373	R\$ 128.635,92
6o ANO		194.373	R\$ 128.635,92
7o ANO		194.373	R\$ 128.635,92
<b>Venda Animal</b>			
1o ANO			
2o ANO		48	R\$ 54.000,00
3o ANO		48	R\$ 54.000,00
4o ANO		48	R\$ 54.000,00
5o ANO		48	R\$ 54.000,00
6o ANO		48	R\$ 54.000,00
7o ANO		48	R\$ 54.000,00
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		277,80	
Índice Insumo/Manutenção		0,50	
Índice Mão de Obra		0,13	
Preço Leite Bruto		R\$ 0,6618	
Preço Venda de Animais		R\$ 1.125,00	
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 38.436,41
VR Residual		5.200,00	R\$ 1.444.560,00
TMA		12%	12%

TABELA 34A Dados levantados para a simulação econômica – uso atual – mata – Lavrinha.

<b>MATA</b>				
<b>INVESTIMENTO</b>				Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 644.490,00	
<b>INDICADORES</b>				
Hectares		409,20		
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 56.616,91	
VR Residual		1.575,00	R\$ 644.490,00	
TMA		12%	12%	

TABELA 35A. Fluxo de caixa – uso atual – Lavrinha.

## Projeção da Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Receita Bruta de Vendas</b>		113.358	141.337	166.133	173.625	173.365	173.145	213.003
- Impostos Proporcionais		0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita Líquida de Vendas</b>		<b>113.358</b>	<b>141.337</b>	<b>166.133</b>	<b>173.625</b>	<b>173.365</b>	<b>173.145</b>	<b>213.003</b>
- Custos Fixos		0	0	0	0	0	0	0
- Custos Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Bruto</b>		<b>113.358</b>	<b>141.337</b>	<b>166.133</b>	<b>173.625</b>	<b>173.365</b>	<b>173.145</b>	<b>213.003</b>
- Despesas Fixas		107.110	98.649	114.512	116.360	116.874	116.988	124.097
- Despesas Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
- Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Marketing		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Financeiras (Juros)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Operacional</b>		<b>6.249</b>	<b>42.688</b>	<b>51.620</b>	<b>57.265</b>	<b>56.492</b>	<b>56.156</b>	<b>88.906</b>
- Despesas não operacionais		0	0	0	0	0	0	0
+ Receitas não operacionais		0	0	0	0	0	0	1.007.025
<b>Lucro antes do IR</b>		<b>6.249</b>	<b>42.688</b>	<b>51.620</b>	<b>57.265</b>	<b>56.492</b>	<b>56.156</b>	<b>1.095.931</b>
- IRPJ / CSLL		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Líquido</b>		<b>6.249</b>	<b>42.688</b>	<b>51.620</b>	<b>57.265</b>	<b>56.492</b>	<b>56.156</b>	<b>1.095.931</b>
+ Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Resultado não operacional		0	0	0	0	0	0	1.007.025
- Amortização dívidas		0	0	0	0	0	0	0
- Investimento	1.082.025	0	0	0	0	0	0	0
+ Liberação Financiamento		0	0	0	0	0	0	0
+ Valor Residual		0	0	0	0	0	0	2.089.050
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-1.082.025</b>	<b>6.249</b>	<b>42.688</b>	<b>51.620</b>	<b>57.265</b>	<b>56.492</b>	<b>56.156</b>	<b>2.177.956</b>

TMA	12%
VP	R\$ 1.158.446,76
VPL	R\$ 76.421,76
TIR	13%

TABELA 36A Dados levantados para a simulação econômica – cenário – Eucalipto e mata – Lavrinha.

EUCALIPTO			
INVESTIMENTO		R\$/há	Total
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 437.535,00
<b>DESPESAS</b>			
<b>1. Operacional</b>			
Insumos/Manutenção			
1o ANO		R\$ 1.318,00	R\$ 366.140,40
2o ANO		R\$ 380,00	R\$ 105.564,00
3o ANO		R\$ 50,00	R\$ 13.890,00
4o ANO		R\$ 50,00	R\$ 13.890,00
5o ANO		R\$ 254,22	R\$ 70.622,32
6o ANO		R\$ 322,47	R\$ 89.582,17
7o ANO		R\$ 50,00	R\$ 13.890,00
<b>2. Mão-de-obra</b>			
1o ANO		R\$ 500,00	R\$ 138.900,00
2o ANO		R\$ 275,00	R\$ 76.395,00
3o ANO		R\$ 150,00	R\$ 41.670,00
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO			
<b>3. Corte + empilhamento</b>			
1o ANO			
2o ANO			
3o ANO			
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO		R\$ 1.960,00	R\$ 544.488,00
<b>4. Juros do Custeio</b>			
<b>RECEITA</b>			
<b>Produção</b>			
1o ANO			
2o ANO			
3o ANO			
4o ANO			
5o ANO			
6o ANO			
7o ANO		R\$ 9.800,00	R\$ 2.722.440,00
<b>INDICADORES</b>			
Hectares		277,80	
Compensação Ambiental/hectare		138,36	R\$ 38.436,41 Média em função de 159,00 + 140,00 + 100,00 + 154,44
VR Residual		3.293,00	R\$ 914.795,40
TMA		12%	12%

TABELA 37A. Dados levantados para a simulação econômica –cenário – mata – Lavrinha.

<b>MATA</b>				
<b>INVESTIMENTO</b>				
			Total	
TERRENO	Terra	R\$ 1.575,00	R\$ 644.490,00	
<b>INDICADORES</b>				
Hectares		409,20		
Compensação Ambiental		138,36	R\$ 56.616,91	
VR Residual		1.575,00	R\$ 644.490,00	
TMA		12%	12%	

TABELA 38A. Fluxo de caixa – cenário – Eucalipto e mata – Lavrinha.

Projeção da Demonstração de Resultados e Fluxo de caixa

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Receita Bruta de Vendas</b>		267.434	333.439	391.938	409.615	409.001	408.481	502.513
- Impostos Proporcionais		0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita Líquida de Vendas</b>		<b>267.434</b>	<b>333.439</b>	<b>391.938</b>	<b>409.615</b>	<b>409.001</b>	<b>408.481</b>	<b>502.513</b>
- Custos Fixos		0	0	0	0	0	0	0
- Custos Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Bruto</b>		<b>267.434</b>	<b>333.439</b>	<b>391.938</b>	<b>409.615</b>	<b>409.001</b>	<b>408.481</b>	<b>502.513</b>
- Despesas Fixas		198.830	183.124	212.572	216.002	216.955	217.168	230.365
- Despesas Variáveis		0	0	0	0	0	0	0
- Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Marketing		0	0	0	0	0	0	0
- Despesas Financeiras (Juros)		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Operacional</b>		<b>68.603</b>	<b>150.316</b>	<b>179.366</b>	<b>193.612</b>	<b>192.046</b>	<b>191.312</b>	<b>272.149</b>
- Despesas não operacionais		0	0	0	0	0	0	0
+ Receitas não operacionais		0	0	0	0	0	0	477.260
<b>Lucro antes do IR</b>		<b>68.603</b>	<b>150.316</b>	<b>179.366</b>	<b>193.612</b>	<b>192.046</b>	<b>191.312</b>	<b>749.409</b>
- IRPJ / CSLL		0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro Líquido</b>		<b>68.603</b>	<b>150.316</b>	<b>179.366</b>	<b>193.612</b>	<b>192.046</b>	<b>191.312</b>	<b>749.409</b>
+ Depreciação		0	0	0	0	0	0	0
- Resultado não operacional		0	0	0	0	0	0	477.260
- Amortização dívidas		0	0	0	0	0	0	0
- Investimento	1.082.025	0	0	0	0	0	0	0
+ Liberação Financiamento		0	0	0	0	0	0	0
+ Valor Residual		0	0	0	0	0	0	1.559.285
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-1.082.025</b>	<b>68.603</b>	<b>150.316</b>	<b>179.366</b>	<b>193.612</b>	<b>192.046</b>	<b>191.312</b>	<b>1.831.434</b>

TMA 12%  
 VP R\$ 1.466.140,82  
 VPL R\$ 384.115,82  
 TIR 18%