

Universidade Federal De Minas Gerais

Instituto de Geociências

Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Laylla Gabrielle Borges Correia Freitas

Identificação e Estudo das Áreas Favoráveis para o Cultivo da
Khaya ivorensis A. Chev. (mogno africano) no Estado de Minas
Gerais, Utilizando Modelagem Ambiental e Análise Multicritério

Belo Horizonte

2015

Laylla Gabrielle Borges Correia Freitas

Identificação e Estudo das Áreas Favoráveis para o Cultivo da
Khaya ivorensis A. Chev. (mogno africano) no Estado de Minas
Gerais, utilizando Modelagem Ambiental e Análise Multicritério

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da
Universidade Federal de Minas Gerais como requisito
parcial para a obtenção do título de Mestre em Análise e
Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. José Eustáquio Machado de Paiva

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Lelis Pinheiro

Belo Horizonte

2015

F866i
2015

Freitas, Laylla Gabrielle Borges Correia.

Identificação e estudo das áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* A. Chev. (mogno africano) no estado de Minas Gerais, utilizando modelagem ambiental e análise multicritério [manuscrito] / Laylla Gabrielle Borges Correia Freitas. – 2015.

125 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: José Eustáquio Machado de Paiva.

Coorientador: Antônio Lelis Pinheiro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2015.

Bibliografia: f. 88-92.

Inclui anexo e apêndices.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Árvores – Cultivo – Teses. 3. Mogno – Minas Gerais – Teses. 4. Processo decisório por critério múltiplo – Teses. I. Paiva, José Eustáquio Machado de. II. Pinheiro, Antônio Lelis. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6



Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Geociências

Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Aprovada pela Banca Examinadora em cumprimento a requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Professor Dr. José Eustáquio Machado de Paiva - UFMG

Presidente

Professor Dr. Antônio Lelis Pinheiro – UFV

Membro da Banca

Professor Dr. Alexandre Christófaro Silva - UFVJM

Membro da Banca

Professora Dra. Ilka Soares Cintra - UFMG

Membro da Banca

Belo Horizonte, 26 de fevereiro de 2015

Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG. CEP: 31.270-901. Tel: 55 31 3409-5404

À ela, mãe do meu tesouro, seja onde estiver: vó Bina, dedico esta vitória a você, maior incentivadora deste projeto.

Dedico-o também à minha pedra preciosa, princesa Mirella (extensivo aos seus pais, Lúcia e Rafael), afilhada infinitamente amada, que me ensinou que a vida se renova.

AGRADECIMENTOS

Em primeiríssimo lugar, e a todo momento, agradeço a Deus, que me dá saúde e perseverança para caminhar.

Agradeço à minha família, de maneira especial ao meu irmão João Paulo, que me concedeu o computador para dias e noites de processamento de dados; ao meu pai, Mauro, que incansavelmente fez mais que seu dever de pai, lendo e relendo meu trabalho; e ao meu Tio Vandinho e primo Therence, por terem me apresentado o local e proprietário do meu estudo de caso. À minha mãe, devo os momentos de persistência; à ela minha gratidão eterna por ser e estar, em todos os aspectos.

Ao meu marido Felipe, não existem palavras que possam expressar a gratidão que vive em mim. Obrigada, meu amor, pela busca incessante em encontrar as palavras certas para me incentivar e me fazer chegar tão longe, cada vez mais. Aos meus sogros, por me encorajarem e acreditarem fielmente em mim.

Agradeço, carinhosamente, a quem me estendeu a mão no início, quando da orientação para elaboração do projeto que propiciaria a inserção no Mestrado, Professor Marcelo Ávila, e àqueles que escreveram as cartas de recomendação necessárias, Professora Renata Pellucci e Professor Airton Marinho.

Agradeço, de maneira muito especial, ao meu orientador, ao qual chamo carinhosamente de Taquinho, que, além de orientador na dissertação de mestrado, foi psicólogo e companheiro fiel. Também ao meu co-orientador, Professor Antônio Lelis, agradeço todo conhecimento e oportunidades concedidos, além da boa companhia nos momentos que estivemos juntos.

Agradeço de maneira igualmente especial, à Professora Ana Clara Mourão Moura, pelo subsídio que me deu para utilização da metodologia deste trabalho, bem como por ter me dado a oportunidade de realizar o estágio docente; e ao Bráulio Magalhães, concomitantemente a Professora Ana Clara, a quem devo, especificamente o desenvolvimento da SASE.

Ao Professor Ricardo Alexandrino, meu muito obrigado pela convivência e ensinamentos.

Agradeço à CAPES, pela bolsa que permitiu a concretização deste sonho.

Agradeço àqueles aos quais chamava de “colegas” e hoje chamo de “amigos”. De forma bastante especial ao Fabrício Silva (do feijão tropeiro), ao Daniel Mamede, ao André

Silveira, à Camila Lopes, à Glorinha, à Paty, à Carol, à Tereza, ao André Silveira e ao Jorge, que, de maneiras distintas, me ajudaram e foram ótimos.

Agradeço, de forma peculiar, à minha dindinha Lorena Bleme, que me emprestou equipamentos para o trabalho de campo e me ajudou com o envio das amostras de solos coletados para análise, e também à minha amiga-irmã Rafa, por estar comigo em todos os momentos.

Não poderia deixar de agradecer também à participação e ajuda impagáveis do Solano, do Instituto Brasileiro de Floretas, do Professor Lani, da Universidade Federal de Viçosa, do Henrique, proprietário de área cultivada com a *K. ivorensis* e do Frederico Costa.

Agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais, e, de modo peculiar, ao Instituto de Geociências, por terem me acolhido tão bem. A todos os funcionários, e, em particular, à Lilian e à Pâmela da secretaria, meu muitíssimo obrigada. Vocês são 10, meninas!

RESUMO

Pretendeu-se neste trabalho, constituir e apresentar subsídios para a identificação e estudo das áreas favoráveis para o cultivo da *K. ivorensis* (mogno-africano) Estado de Minas Gerais através do estabelecimento de classes de favorabilidade, considerando os aspectos sustentáveis, isto é, levando em consideração a favorabilidade do cultivo da espécie em áreas prioritárias para recuperação segundo ZEE-MG. O procedimento foi realizado no *software* ArcGis com base na aplicação do método Análise de Multicritério. A seleção de tais áreas se deu através da reunião de variáveis climáticas, hidrológicas, pedológicas topográficas bem como variáveis de restrição ambiental como as Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação. A obtenção dos resultados se deu através da aplicação de modelo subsidiado pela aplicação de pesquisa guiada pelo conhecimento (*Knowledge-driven Evaluation*) por meio do método DELPHI. Foi ainda realizado estudo de caso no município de Carmo do Paranaíba na região do triângulo mineiro. Em seguida foram realizadas análises comparativas entre os resultados obtidos pelo modelo e aqueles verificados no estudo de caso para validação. Por fim, foi aplicado o método "SASE- *Sensitivity Analysis to Sustainability Evaluation*" para verificação do grau de incerteza dos resultados.

Palavras-chave: Modelagem Ambiental; *Khaya ivorensis*; Favorabilidade; Cultivo; Minas Gerais.

ABSTRACT

It was intended in this work , set up and to contribute for the identification and study of the favorable areas for *K. ivorensis* cultivation (African Mahogany) in the State of Minas Gerais by establishing favorability classes, considering the sustainable aspects , that is, taking into account the favorability of the species growing in priority areas for recovery, according to ZEE -MG . The procedure was performed in ArcGIS software based on the application of Multicriteria Analysis method. The selection of these areas was made through the meeting of climatic variables, hydrological, soil and topographical and environmental restrictions on variables such as the Protected Areas and Priority Areas for Conservation. After that, was made through the application model subsidized by the application of research guided by knowledge (Knowledge -driven Evaluation) by DELPHI method. It was carried out a case study in Carmo do Paranaíba municipality in Triângulo Mineiro region . Then were performed comparative analysis between the results obtained by the model and those observed in the case study for validation. Finally, it was applied the method "SASE- Sensitivity Analysis to Evaluation Sutability" to check the degree of uncertainty of the results.

Key-words: Environmental Modeling; Khaya ivorensis; Favorability; Cultivation; Minas Gerais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema metodológico do trabalho	32
Figura 2: Organograma das variáveis que propiciam seleção de áreas com favorabilidades	34
Figura 3: Município do Carmo do Paranaíba no contexto dos demais Municípios do Estado de MG	36
Figura 4: Regiões de Planejamento de Minas Gerais	37
Figura 5: Hidrografia de Minas Gerais	38
Figura 6: Distribuição da precipitação em Minas Gerais	39
Figura 7 – Índices de Umidade em Minas Gerais	41
Figura 8: Temperaturas médias de MG.	42
Figura 9: Balanço Hídrico de Minas Gerais	43
Figura 10: Classes de declividades no Estado.	46
Figura 11 - UCs de Proteção Integral	47
Figura 12 - Árvore de Decisões	62
Figura 13 –Análise Multicritério no Município do Carmo do Paranaíba	80
Figura 14 - Localização do Município de Carmo do Paranaíba (MG)	80
Figura 15 - Terreno Estudo de Caso	81
Figura 16 -Terreno Estudo de Caso	81
Figura 17 – <i>K. ivorensis</i> 4 anos e 2 meses	82
Figura 18 – <i>K. ivorensis</i> anos	82
Figura 19- Retirando amostra de solo	82
Figura 20 - Dados do plantio	82
Figura 21 - SASE do Carmo do Paranaíba	84

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	10
1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Estado da arte	22
1.2.1. Objetivos específicos	28
2. MATERIAIS E MÉTODOS	28
2.1. Esquema metodológico	33
2.2. Banco de dados.....	34
2.2.1. Critérios de avaliação física.....	35
2.2.1.1. ÁREA DE PLANEJAMENTO	36
2.2.1.1.1. Contorno de Minas Gerais.....	36
2.2.1.1.2. Municípios	36
2.2.1.1.3. Superintendências Regionais de Regularização Ambiental - SUPRAMs ..	37
2.2.1.1.4. Hidrografia.....	38
2.2.1.2. CLIMA	39
2.2.1.2.1. Precipitação	39
2.2.1.2.2. Índice de umidade	41
2.2.1.2.3. Temperatura média	42
2.2.1.2.4. Balanço Hídrico	43
2.2.1.3. CONSERVAÇÃO / RECUPERAÇÃO	44
2.2.1.3.1. Áreas prioritárias para Conservação	44
2.2.1.4. PEDOLOGIA	45
2.2.1.5. RESTRIÇÕES AMBIENTAIS.....	46
2.2.1.5.1. Declividade.....	46
2.2.1.5.2. Unidades de conservação (UCs).....	47
2.3. Softwares utilizados.....	54
2.4. Descrição e tratamento dos dados e composição do Banco de Dados (BD).....	54
2.5. Construção do modelo.....	57
2.6. Consistências e Fragilidades do modelo.....	69
3. RESULTADOS E ANÁLISES.....	74
4. ESTUDO DE CASO.....	81
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
REFERÊNCIAS	88

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A busca pela identificação das áreas favoráveis para o cultivo da *K. ivorensis* no estado de Minas Gerais, utilizando a modelagem ambiental e a análise multicritério se deu pela inquietude da autora, tanto com relação à espécie quanto com relação à utilização das geociências. Ambos assuntos vêm representar abordagens necessárias para a gestão ambiental, além de representarem um desafio para a capacitação pretendida.

Através do *software* ArcGis foi possível realizar todo o procedimento para a obtenção do resultado final. Cabe salientar que existem muitas fases para que se obtenha tal resultado.

O método escolhido, no entanto, se mostrou eficaz para obtenção do resultado esperado em função dos objetivos do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil produz aproximadamente 25 milhões de metros cúbicos de madeiras tropicais em toras e consome 13 milhões de metros cúbicos de madeira serrada, o que o torna líder mundial de produção e consumo no setor (ITTO, 2007, *apud* ALMEIDA, 2008).

Segundo o *Tropical Timber Market Report*, publicado em março de 2014, pela *International Tropical Timber Organization (ITTO)*, o valor de madeira exportada para móveis aumentou de US\$ 34.3 milhões, em fevereiro de 2013, para US\$ 37.2 milhões, em fevereiro de 2014, representando uma expansão de 8,5%. O relatório aponta, também, para uma esperada expansão da produção de móveis domésticos e para mercados internacionais ao longo de 2014.

Além disso, o Instituto de Estudos Industriais e Marketing (IEMI¹) realizou um estudo sobre o potencial do mercado moveleiro em 2014, sendo que os primeiros resultados indicaram uma previsão de aumento na venda na ordem de 3,5% para os móveis, de 14,5% nas importações e de 8% nas exportações. Por fim, o estudo mostra que o Brasil possui aproximadamente 18.200 fabricantes de móveis, que propiciam a geração de cerca de 300.000 empregos diretos e indiretos (ITTO, 2014).

Dentre as madeiras de maior procura e uso na movelaria de maior qualidade e valor agregado destaca-se a *Swietenia macrophylla* King (mogno nacional ou brasileiro)², principalmente pela sua durabilidade e cor, e que constitui uma *commodity*³ altamente disputada e lucrativa, com uma taxa de exploração que alarma grupos ambientalistas e vários governos que se preocupam com a extinção da espécie (CHIMELI, 2009).

Com a madeira altamente valorizada no mercado internacional, o preço vem propiciando a exploração seletiva da espécie, o que viria a facilitar o acesso à floresta e a reduzir o custo de oportunidade do desmatamento para outras atividades econômicas, tais como a extração de outras espécies de menor valor, a pecuária e a agricultura de pequena e grande escala (CHIMELI, 2009).

Na década de 1990 o governo brasileiro começou a adotar uma série de ações regulamentadoras desse mercado. Até então, a extração madeireira no Brasil tinha que ser certificada pelo governo federal através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), sendo que, no

¹ Instituto provedor de conhecimento, especializada nos mercados têxtil, calçadista e moveleiro. Tem como objetivos: contribuir para o crescimento empresarial de seus clientes (Núcleo de Inteligência de Mercado) e assessorar as entidades responsáveis no fomento dos setores econômicos nos quais o IEMI atua (Núcleo de Estudos Setoriais).

² Essa espécie, na verdade, é nativa de uma ampla área, que se estende do México até a Amazônia brasileira, segundo CHIMELI, 2009.

³ Commodity é termo em inglês que designa mercadoria. É usada também como sinônimo de matéria-prima por se tratar de produtos usados na criação de outros bens.

caso da *Swietenia macrophylla* King, a maior parte da espécie era explorada através de planos de manejo florestal certificados pelo governo, que determinava uma quota anual de exploração para ajudar a proteger o seu estoque na floresta. Em 2001, finalmente, a extração, o transporte, o processamento e o comércio doméstico e internacional da espécie foram proibidos no Brasil (Instrução Normativa nº. 17 de outubro 19, 2001)⁴.

Apesar dessas medidas, casos recorrentes de exploração criminosa de madeira continuam sendo registrados, em grande escala, devido à demanda contínua do mercado (GREENPEACE BRASIL, 2005). Essas têm ocorrido com frequência na região amazônica, onde estudos indicam que a maioria da produção madeireira dali é considerada predatória ou oriunda de desmatamento e que, da produção dita sustentável, grande parte advinha de planos de manejo deficientes (BARRETO et al., 2002). No caso da *Swietenia macrophylla* King, os estoques naturais encontram-se no extremo sul do Pará, no sudeste do Amazonas e no Acre, que são áreas de enorme pressão exploratória PINHEIRO et al (2011) e contendas territoriais.

Nesse cenário, para o Brasil se manter em longo prazo entre os líderes do mercado internacional de madeira (tropical), faz-se necessário a garantia de um nível de produção mais estável, buscando-se, cada vez mais, atender às exigências do mercado internacional, inclusive quanto aos preços e às exigências ambientais por um lado, e à garantia de condições de renovação adequada das condições ambientais, da produção e os devidos benefícios sociais para a região, por outro (ALMEIDA et al, 2010).

Em vista disso, pesquisadores e empresários vêm buscando alternativas através de outras espécies, que produzem madeira com características semelhantes às da *Swietenia macrophylla* King - o mogno brasileiro. Nesse sentido, Pinheiro et al. (2011) indica que uma das alternativas para a garantia da preservação da espécie

⁴ Corroborando tais ações, dentre outras, a Lei Brasileira de Crimes Ambientais de (Lei 9.605), instituída em 1998, afirma que a produção ilegal de madeira é crime, com penas que variam de seis meses a cinco anos de prisão e multas elevadas.

brasileira é a substituição dessa madeira, em suas mais diversas aplicações, por outras espécies, cujas características se assemelhem às daquela, destacando-se as espécies de mogno-africano, especialmente a *K. ivorensis*. O potencial desta espécie vem sendo muito estudado, por tratar-se de madeira nobre e de rápido crescimento, que pode se plantar até mesmo concomitantemente com a própria *Swietenia macrophylla* King; além disso, a *K. ivorensis* é também, normalmente, resistente à ação da broca-do-ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller), causadora de danos econômicos sérios ao mogno nativo, impedindo o seu cultivo por toda a América tropical. Essas características (PINHEIRO et al., 2011), dentre outras, vem incentivando crescentes investimentos no plantio da espécie, que amplia, a cada período, mais empreendimentos e mais área cultivada, especialmente no Estado de Minas Gerais.

A *K. ivorensis* (PINHEIRO et al, 2011) é uma espécie exótica no país e requer tratamento diferenciado em relação às espécies nativas. A comercialização da madeira é garantida e atinge preços elevados no mercado nacional e internacional, com preços muitas vezes acima daqueles praticados pela venda do mogno nacional, tornando-se um bom investimento em médio prazo. Introduzido no Brasil em 1973, o mogno africano vem demonstrando adaptar-se muito bem às condições climáticas do país. O plantio começou no Estado do Pará, pela Embrapa Amazônia Oriental⁵, com umas poucas sementes provenientes da Costa do Marfim. Foram de início, produzidas seis mudas, que logo se tornaram matrizes da maioria dos plantios hoje existentes (PINHEIRO et al, 2011).

A *K. ivorensis* pertence à família *Meliaceae* A. juss., subfamília III, SWIETENIOIDEAE, Tribo 2, SWIETENIEAE e ao gênero *Khaya*. Trata-se de árvore sempreverde ou decídua (PINHEIRO, 2011), que ocorre naturalmente (LAMPRECHT, 1990; LEMMENS, 2008) em regiões tropicais úmidas, de baixa altitude, da África Ocidental. Possivelmente, também ocorre na Guiné, Libéria, na República Central da África e no Congo. Plantações comerciais vêm ocorrendo tanto dentro da sua área natural de distribuição, como também na Ásia e Américas tropicais.

⁵ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental

Em seu ambiente natural, a *K. ivorensis* é uma árvore de grande porte, podendo atingir de 40 a 60 m de altura e diâmetro, à altura do peito, de 2,10 m (DAP). Seu tronco é retilíneo, algumas vezes um pouco sinuoso, apresentando fuste comercial livre de ramificações até 30 m de altura, base com grandes sapopemas⁶ que se elevam cerca de 4,0 m, sobretudo nas árvores mais velhas, algumas vezes estendendo raízes de superfície proeminentes.

Possui casca escura a marrom, ligeiramente áspera ou salpicada, de depressões superficiais, espessa e de coloração marrom-avermelhada ou marrom-alaranjada. Em seu habitat natural, desenvolve-se bem em latossolos vermelho-amarelos e argissolos vermelho-amarelos (PINHEIRO et al, 2011).

Por sua vez, a *K. ivorensis* uma espécie que permite serem utilizadas praticamente todas as suas partes. A casca é amarga e largamente empregada na medicina tradicional: a decocção da casca é tomada para tratar tosses, febres e anemias e é aplicada externamente em feridas, lesões, arranhões, úlceras e tumores. Como analgésico, pode ser utilizada para tratar dores reumáticas. Quanto à raiz, é utilizada para tratar problemas de disenteria. Brotos novos esmagados e folhas são aplicados externamente, como analgésico. As sementes podem ser usadas na produção de sabão (PINHEIRO et al., 2011). Sua madeira é altamente valorizada pela indústria moveleira nos trabalhos de marcenaria para confecção de caixas e estojos decorativos, compensados, laminados e para molduras de janelas, painéis, portas e escadas. É adequada tanto para construções leves, assoalhos leves quanto para construção de navios e embarcações, canoas escavadas, corpos de veículos, cabos, instrumentos esportivos e musicais, brinquedos, inovações, instrumentos de precisão, entalhes, torneados e escadas. Sua polpa de celulose pode ser empregada na indústria de papel. A madeira ainda pode ser aproveitada na produção do carvão e da lenha (PINHEIRO et al, 2011).

⁶ Raízes tabulares que se desenvolvem na base das árvores, formando em volta dele divisões achatadas. Também são chamadas de contrafortes.

A *K. ivorensis* pode ser propagada por sementes, sendo que 1.000 sementes pesam entre 130 e 310g. A temperatura ótima para o armazenamento das mesmas é de 3°C, enquanto o teor de umidade é de 6%. A germinação é lenta, durando até 40 dias, sendo alta a taxa de viabilidade das sementes quando usadas frescas e saudáveis. No entanto, após três meses, a viabilidade das sementes é de apenas 5% (PINHEIRO et al, 2011). Além disso, a aplicação de 0,5 g de NPK⁷ por muda é recomendada, não excluindo-se a necessidade de realização de uma análise química do solo em questão (PINHEIRO et al, 2011). Outra forma de propagação da espécie está relacionada à propagação vegetativa, ou clonagem através da técnica de estaquia e por fim através de plantio de mudas comuns.

No Brasil, os estudos para introdução da espécie são relativamente recentes e não há experimentos conduzidos para obtenção de dados mais consistentes. Entretanto, segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Mogno Africano (ABPMA), existiam, em 2013, 3.009,7 ha da espécie plantados no Brasil pelos seus associados, sendo 2.707,7 ha (90%) em Minas Gerais (MG). Os maiores plantios do país se situam nos estados do Pará e Minas Gerais. Outros estados, como São Paulo, Paraná e Santa Catarina, também vêm cultivando a espécie, já que o mogno-africano, apesar de ocorrer em regiões equatoriais, tem-se mostrado também resistentes a geadas (PINHEIRO et al, 2011).

Alguns outros plantios têm sido feitos também em Goiás e Mato Grosso. Em Minas Gerais, plantios irrigados vem sendo feitos pela Atlântica Agropecuária Ltda., em Pirapora (MG), e outros, não irrigados, vem ganhando novas áreas nos municípios de Corinto, Curvelo e Várzea da Palma, no baixo rio das Velhas, além de Pium-í e Carmo do Paranaíba.

Apesar de economicamente muito promissoras, as monoculturas da *K. ivorensis* em grande escala precisam ser melhor estudadas, discutidas e avaliadas (PINHEIRO et al, 2011), tanto no que tange ao problema de substituição de ecossistemas naturais por áreas de plantio e outros impactos na natureza, quanto

⁷ NPK = Nitrogênio, fósforo e potássio

em relação aos interesses sociais e econômicos, locais e regionais. Nesse sentido, emerge a necessidade de se estudar melhor as questões envolvidas na relação *custos x benefícios* dessas plantações, compreendendo-as na dimensão da sustentabilidade, considerando os seus aspectos econômico, social e ambiental⁸ como um conjunto de aspectos necessários e indissociáveis.

Assim, em vista do exposto, as seguintes questões fazem-se necessárias:

- 1) Quais os requisitos para o plantio da espécie, tendo em vista constituir florestas que sejam viáveis em termos econômicos, sociais e ambientais?
- 2) É possível compatibilizar o plantio/exploração dessas florestas com a conservação ambiental, principalmente no que diz respeito a não se avançar o desmatamento, com também uma melhor compatibilidade com os ecossistemas das áreas onde poderão acontecer?
- 3) Como se refletem essas questões em se considerando o Estado de Minas Gerais?

As dificuldades são várias para se compreender melhor as questões colocadas, principalmente decorrentes 1) da recente introdução da *K. ivorensis* no Brasil, em particular em Minas Gerais, não se podendo contar com vários ciclos de produção e avaliação do desempenho das florestas comerciais, da comercialização da madeira e do aproveitamento mais amplo, inclusive na cadeia produtiva, bem como das diversas possibilidades de aproveitamento dos recursos propiciados pela espécie; e 2) a escassa literatura a respeito.

Uma das poucas fontes sobre a *K. ivorensis* no Brasil é o Mogno-Africano *Khaya ivorensis* A. Chev. Em Sistema Silvipastoril com Leguminosa e Revestimento

⁸ Declaração de Johanesburgo, disponível em

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aTuPhABwH-J:www.mma.gov.br/estruturas/ai/_arquivos/decpol.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br.

Acesso em: 22 mai. 2014.

Natural do Solo do Professor Italo Cláudio Faleso e Antônio Ronaldo Camacho Baena e outra fonte é o livro Ecologia, Silvicultura e Tecnologia de Utilização dos Mognos-Africanos (*Khaya spp.*), do

Prof. Dr. Antônio Lelis Pinheiro⁹, responsável por pesquisas, consultorias e publicações, cujos trabalhos constituem a fonte principal aqui utilizada. Nesses trabalhos, ressalta o Prof. Pinheiro (PINHEIRO et al, 2011) que a exploração da espécie no Brasil pode trazer benefícios consideráveis, tais como: a) atender à demanda do mercado nacional e internacional, considerando que seu mercado é seguro, dado o conhecimento geral internacional das características físicas e mecânicas da sua madeira; b) colaborar para preservação do mogno brasileiro e da biodiversidade de ecossistemas onde essa espécie ocorre - em virtude do não desmatamento de espécies nativas cujas características da madeira se assemelham a da *K. ivorensis*; c) propiciar a melhoria das condições de vida para os locais e regiões onde venha a ser plantado, seja por contratação de mão de obra local ou seja pela simples implantação de uma nova floresta; e d) outros diversos benefícios, tais como, aproveitamento das folhas para produção de cosméticos, da casca - na medicina tradicional- para tratamento de tosses, febres e anemias além de poder ser aplicada em feridas, lesões, arranhões, úlceras e tumores. Até mesmo as raízes da *K. ivorensis* podem ser utilizadas na produção de analgésicos e também no tratamento da disenteria; as sementes, por sua vez, podem ser empregadas na produção de sabão (PINHEIRO et al, 2011).

Também (PINHEIRO et al, 2011), é possível efetuar o cultivo da espécie em qualquer extensão de terra, isto é, a cultura é possível e pode trazer benefícios econômicos tanto para o pequeno quanto para o médio e o grande produtor. Além disso, seu cultivo pode ser consorciado com outras espécies de valor comercial, e, inclusive, com animais de criação. Este trabalho trata desse assunto detalhadamente mais adiante. De modo geral (PINHEIRO et al, 2011), pode-se

⁹ Professor Doutor da UFV, Membro de comitê assessor do Conselho Estadual de Política Agrícola, CEPAC, Brasil. Diretor científico da Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura (SBAG). Centro de Ciências Agrárias do Departamento de Engenharia Florestal, onde é Chefe do Setor de Dendrologia e Anatomia da Madeira. Estudioso da espécie *Khaya ivorensis* dentre outras, sendo, inclusive, Professor homenageado por pesquisas com Mogno-africano, Atlântica Agropecuária. É também responsável pela publicação do livro "Ecologia, Silvicultura e Tecnologia de Utilização dos Mognos-Africanos(*Khaya spp.*), Viçosa, 2011.

considerar que existe um cenário positivo para o plantio, o cultivo e a comercialização da *K. ivorensis* no Brasil, em face dos estudos, das práticas e das perspectivas de negócios existentes. Também, a qualidade da madeira, as várias aplicações da espécie e sua plasticidade são pontos cruciais para construção deste cenário positivo no Estado de Minas Gerais.

Entretanto, há que se apontar limitações quanto aos empreendimentos relacionados à espécie, tanto por se tratar de espécie exótica, quanto pelos impactos que as florestas plantadas podem provocar sobre as áreas de florestas nativas e os demais danos daí decorrentes. Novamente considerando a escassez de literatura voltada para a *K. ivorensis* quanto aos aspectos ecológicos e de sustentabilidade, optou-se neste trabalho estudar melhor esses aspectos, nos parágrafos seguintes, de forma análoga e com base nos estudos voltados para a produção dos biocombustíveis no Brasil, pela consideração desses estudos quanto à macro-escala e à relevância dessa discussão para a produção advinda de grandes plantações.

Desde 1987, as discussões que envolvem o desenvolvimento sustentável se tornam cada vez mais intensas e necessárias; nesse sentido, em 2000, foi realizada a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MA)¹⁰. No documento intitulado “Entendendo a produção sustentável de biocombustíveis, a diretiva da UE - União Europeia de energia renovável e as iniciativas internacionais para verificação de sustentabilidade”¹¹, a MA discute a importância global de assegurar que os biocombustíveis sejam produzidos de maneira sustentável e que as iniciativas internacionais possam conduzir o mercado a uma direção bem gerenciada, socialmente aceitável e amistosa ao meio ambiente. No item oito, “Conservação”,

¹⁰ MA tinha como objetivo avaliar as consequências das mudanças nos ecossistemas para o bem-estar humano. Os resultados do estudo estão em cinco volumes técnicos e seis relatórios de síntese, fornecem uma avaliação científica do estado da arte das tendências em ecossistemas do mundo e os serviços que prestam (como água potável, alimentos, produtos florestais, inundações controle, e recursos naturais) e as opções para restaurar, conservar ou melhorar o uso sustentável dos ecossistemas.

¹¹ NUNES, V; GLENISTER, D., 2011

do capítulo seis, aborda “OS PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS-CHAVE DE BIOCOMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS”, e discorre quanto:

- a requerer-se que qualquer terra usada ou planejada para ser usada para a produção de biocombustíveis seja verificada cuidadosamente.
- a MA aponta as áreas que necessitam de conservação porque elas provêm as necessidades básicas desses ecossistemas em tempos de crise, podendo ser áreas de proteção de bacias hidrográficas ou de controle de erosão.
- ao fato das terras com biodiversidade serem muito importantes para o bem-estar futuro do planeta.
- ao fato das áreas com alto índice de biodiversidade serem detalhadas como inadequadas para produção de biocombustíveis sustentáveis, devendo ser conservadas.

As áreas que não devem ser utilizadas para o cultivo de matérias-primas de biocombustíveis:

- *Florestas primárias ou áreas de bosques intocadas;*
- *Áreas de proteção à natureza;*
- *Terras que sejam internacionalmente reconhecidas como importantes para a proteção de sistemas ou espécies raras, em perigo ou ameaçadas de extinção (ex. em uma lista internacional de conservação da natureza);*
- *Pampas/pradarias nativas com espécies nativas e características ecológicas;*
- *Pampas/pradarias não-nativas nas quais há espécies raras e não-degradadas.*

É requerido também informações sobre as medidas tomadas para a restauração de áreas degradadas. Estas áreas degradadas, marginais ou abandonadas que são consideradas ideais e mais adequadas para o cultivo de lavouras de biocombustíveis. (NUNES, V.; GLENISTER, D., 2011, p.15).

Com base nessas considerações, adota-se neste trabalho a diretriz de se buscar garantir a preservação do meio ambiente como prioridade do projeto, assegurando que o plantio da *K. ivorensis* em Minas Gerais não venha a ocorrer em áreas de relevância ecossistêmica, mesmo que as condições físicas sejam ideais para tal. Nesse sentido, a classe “Áreas prioritárias para conservação” (ZEE MG, 2014) passa a ser desconsiderada na avaliação final das possíveis áreas favoráveis para o plantio da *K. ivorensis*, orientando a consideração de áreas possíveis também como uma alternativa para recuperação de áreas degradadas (classe “Áreas prioritárias para recuperação”, no ZEE-MG).

A relevância da identificação das áreas favoráveis para o cultivo da *K. ivorensis* no Estado de Minas Gerais, através da Modelagem Ambiental, neste trabalho, assenta-se em diferentes razões, entre elas: 1) tratar de espécie altamente adaptável ao cultivo comercial em larga escala no Brasil, especialmente em Minas Gerais, apresentando grande potencial de geração de recursos econômicos importantes e de aproveitamento de terras já degradadas com plantios de outras espécies; 2) contribuir para os estudos pertinentes ao cultivo da espécie em Minas Gerais e propiciar uma orientação à tomada de decisão por parte do empresariado, setor público e sociedade civil; e, também, 3) desenvolver metodologia possível de ser replicada para outros casos e espécies.

- Tendo em vista os estudos e considerações então desenvolvidos, foram levantados e avaliados os dados necessários e disponíveis para o Estado de Minas Gerais, concernentes:

- 1) às áreas possíveis para plantio/exploração de florestas da espécie;
- 2) às áreas prioritárias para conservação bem como áreas prioritárias para recuperação.

Para tanto, optou-se pela utilização de informações do Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE-MG¹²;

Considerando-se, então, os aspectos descritos favoráveis ao desenvolvimento do mogno africano no Brasil e, em particular, em Minas Gerais, questiona-se a) quanto às características ambientais favoráveis para o desenvolvimento, em escala comercial, do mogno africano; b) quanto à concepção de um modelo que possibilite a identificação de áreas favoráveis, levando em consideração as restrições ambientais e a redução do desmatamento e c) quanto à localização das áreas com essas características no Estado de Minas Gerais.

Foram analisadas diversas variáveis que vieram a compor cinco grupos, quais sejam: 1) área de planejamento, 2) clima, 3) conservação/recuperação, pedologia e 4) restrições ambientais, que se entram detalhados nos subitens “2.2.1.1.”, “2.2.1.2.”, “2.2.1.3.”, “2.2.1.4.” e “2.2.1.5.”, respectivamente.

Para obtenção dos resultados, optou-se pela aplicação da Análise Multicritério - metodologia inserida no contexto da Modelagem Ambiental por ser um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises espaciais, propícia pela sua eficácia quando do uso de grande volume de dados e condições de traduzi-los em fatores simplificadores bastante pertinentes (MOURA, 2007), o que constitui o caso deste trabalho. As geotecnologias, enquanto conjunto de tecnologias para coleta, processamento e análise de informações georreferenciadas, tem hoje papel fundamental nos

¹² O ZEE constitui-se de uma ferramenta coordenada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável cujo objetivo é compor uma base organizada e integrada de informações oficiais para apoiar a gestão territorial fornecendo subsídios técnicos à definição de Áreas prioritárias para a proteção e conservação da biodiversidade e para o desenvolvimento, segundo critérios de sustentabilidade econômica, social, ecológica e ambiental. Um de seus papéis inclusive condiz à orientação do governo e da própria sociedade civil, quanto à elaboração de programas e investimentos.

processos de análise espacial, sejam elas de cunho público ou particular, em vertentes tão distintas quanto as mono e as pluridisciplinares.

O detalhamento desses procedimentos encontra-se no Capítulo 2. Como resultado, obteve-se um mapa de Minas Gerais com manchas de diferentes classes de favorabilidades para o cultivo bem sucedido da *K. ivorensis*. Em seguida, para validação do modelo, estudou-se com mais profundidade a situação através de um estudo de caso, representativo do plantio, no município de Carmo do Paranaíba, na região do Alto Paranaíba (MG), onde estão sendo feitos plantios monitorados da espécie. Em seguida, foi feita uma análise comparativa entre as condições estabelecidas pelo modelo explícito: as condições de cada caso *versus* os graus de produtividade (sucesso ou insucesso). Os resultados obtidos se encontram no Capítulo 3. Finalizando foi aplicada o método SASE para avaliação dos graus de incertezas das respostas obtidas.

1.1. Estado da arte

Alguns plantios comerciais da *K. ivorensis* ocorrem, segundo o Professor Pinheiro¹³, na Costa Rica, sendo, porém, voltados exclusivamente para a comercialização de sementes. Alguns países africanos, como Costa do Marfim, África e Malásia, mesmo com a restrição provocada pela *Hypsipylla robusta*, tem feito plantios com algum sucesso. Já a Austrália e a Nova Zelândia possuem enormes plantios da *Khaya senegalensis* A. Juss., voltados para o melhoramento genético.

Segundo o Professor, no Brasil, como de resto na América tropical, não houve, a princípio, nenhum estudo para adequação de espécies exóticas de mognos para plantios. O interesse inicial nos mognos exóticos se deu nos anos 70s, quando se buscava conhecimento, através de grupos multidisciplinares de pesquisas, de uma maneira de obter maior resistência das espécies nativas em relação aos

¹³ Vide nota de rodapé 9.

ataques da broca-de-ponteiro (*H. grandella*). O método atingiu o objetivo esperado, porém através de inseticidas sistêmicos, o que viria a onerar grandemente o custo de produção, inviabilizando o produto. Assim, foi cogitada a introdução das espécies exóticas para substituir as nativas em plantios, caso fossem resistentes, nisso inclui o gênero *Khaya*, que são susceptíveis a broca-de-ponteiro (*Hypsipylla robusta*) em seus locais de origem. Os ataques desta broca são idênticos aos da broca americana nas *meliceae* nativas da América.

Ainda segundo relato do Professor Pinheiro, quando foram constatadas que as espécies exóticas eram resistentes à broca americana, praticamente se abandonou as pesquisas com as nativas, pois seriam plenamente substituídas pelas novas espécies introduzidas. Como os biomas são similares, a possibilidade de sucesso para se estabelecer plantios comerciais estava garantida. Dai, então, que se iniciaram os grandes plantios das espécies exóticas de mognos.

Em Minas Gerais, os primeiros plantios em escala comercial ocorreram a partir de 2006, por pequenos, médios e grandes produtores¹⁴. A área de plantio por produtor, em 2012, variava de dois a 516 ha, segundo dados cadastrados pela ABPMA. Ainda não houve colheita da madeira para fins comerciais haja visto que se levam, em média, 15 anos para o corte final (PINHEIRO et al, 2011).

Os primeiros plantios no Estado, ainda segundo o Professor, foram iniciados juntamente às parreiras de uvas. Inicialmente foi plantado o mogno nacional (*Swietenia macrophylla*) e, depois, a *K. ivorensis*. Deste modo, substituiu-se a atividade agrícola de produtor de frutas pela atividade florestal de produção de madeiras nobres, como os mognos americanos e africanos. O Professor continua relatando que, posteriormente, o empresário Ricardo Tavares, produtor de café em Minas Gerais, mas que tem uma grande paixão por árvores, iniciou uma busca para desenvolver alguma atividade florestal que fosse rentável na produção de madeiras nobres para a indústria moveleira. Iniciou então experimentos com várias espécies de madeiras nobres e chegou à conclusão de que a *K. ivorensis*

¹⁴ Notas de aula do curso Mogno Africano, promovido pelo IBF – Instituto Brasileiro de Florestas, em 19 de Janeiro de 2013, em Belo Horizonte, MG.

seria a espécie mais propícia para ser usada na região de Pirapora (MG), por ter crescido mais rapidamente e, por conseguinte, ter produzido um maior volume de madeira no menor espaço de tempo que as demais espécies testadas, como a teca (*Tectona grandis*), dentre outras.

Conforme o Professor Pinheiro, é ainda difícil precisar o que plantios como esses tem provocado em termos de prejuízos ambientais, sociais e econômicos, em virtude da pouca idade dos mesmos: ainda não houve tempo hábil para coleta dos espécimes e uma análise detalhada dos impactos que vêm, certamente, ocorrendo. O que se sabe até o momento é que há bastante promessa quanto à venda da madeira, como também de outras partes das árvores, como galhadas e folhas. Os benefícios vem relacionado à contratação de mão-de-obra local e à pouca demanda de manejo. Os espaçamentos de plantio, bem como forma de manejo, tem variado conforme a região do Estado e os resultados quanto à qualidade da madeira somente poderá ser avaliada dentro alguns anos.

Vê-se, nesse sentido, que as iniciativas de seleção de espécies se baseou em procedimentos experimentais sobre a adequação da espécie e a escolha para plantio. Com o passar do tempo, com as observações do desempenho da espécie, é que muitos trabalhos de pesquisa envolvendo a *K. ivorensis* foram iniciados e vêm sendo desenvolvidos. Por isso, a bibliografia nacional ainda é muito escassa, como também o é a internacional, uma vez que a espécie - em suas regiões de origem - não apresenta grande interesse para os plantios comerciais em grande escala, por estar muito sujeita ao ataque da *Hypsipylla robusta*¹⁵, que é uma praga de difícil controle nessas regiões.

Uma alternativa para promoção da sustentabilidade ambiental no que tange o plantio da *K. ivorensis* é o estabelecimento de Sistemas Agroflorestais – SAFs, pois elegem componentes que possuem valores agrônomo, econômico e ecológico e que garantem a sustentabilidade (FALESI; BAENA, 1999). Dentre os seus benefícios, podem ser citados o aumento da produtividade das mesmas

¹⁵ *Hypsipylla robusta*, também conhecida como broca-de-ponteiros são causadoras de danos sérios nas *Khayas ivorensis* na África, Ásia e Oceania. Ela mata a gema apical dos ramos das árvores jovens, causando ramificações excessivas e podendo causar sua morte.

terras utilizadas, a proposição de equilíbrio do agroecossistema, e a diminuição de ataques de doenças e pragas, o que implica na redução dos custos e na melhora a qualidade de vida do produtor e daqueles, direta ou indiretamente, dependentes dele.

Com o objetivo de instalar plantios em níveis satisfatórios de sustentabilidade, os Sistemas Agroflorestais possibilitam a produção, numa mesma área, de *K. ivorensis*, madeira-de-lei e a proteína animal, através da ovinocultura em pastagem consorciada, além de outros alimentos básicos (FALESI; BAENA, 1999).

Em 1996, foi realizada uma experiência na *Fattoria Piave*, propriedade rural localizada em Igarapé-Açu, no Estado do Pará. Duas áreas, sendo uma composta por 670 plantas e, outra, com 322 plantas de *K. ivorensis* foram estabelecidas, ainda com diferentes coberturas de solo: uma com as leguminosas *C. pubescens* e *C. macrocarpa* e a outra com regeneração natural da vegetação. Observaram-se os efeitos das práticas culturais empregadas, relacionadas a espaçamento, adubações orgânica e química, modo de aplicar o fertilizante, cobertura morta, coroamento, controle de pragas e doenças e sobretudo as avaliações dendrométricas de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) efetuadas a cada final dos períodos climáticos (FALESI; BAENA, 1999).

O estabelecimento de tal sistema visou o aproveitamento de uma mesma área com a participação de mais de um componente econômico: o mogno-africano, as espécies anuais alimentares de macaxeira e feijão caupi e, posteriormente, a partir do segundo ano, a pastagem (FALESI; BAENA, 1999).

Esses autores estimaram ainda que, quando o sistema estivesse em equilíbrio, o que deveria ocorrer a partir do terceiro ou quarto ano, a sombra parcial fornecida pelas árvores de mogno-africano traria benefícios não somente ao ambiente, mas principalmente aos animais, promovendo o seu bem-estar e, como consequência, refletiria na melhor atividade fisiológica e no maior ganho de peso. Finalizam, afirmando que todas as práticas culturais que eram realizadas em plantios da *K.*

ivorensis, tais como adubações e limpezas periódicas das faixas de plantio, beneficiavam diretamente os ovinos, através da melhoria da qualidade da pastagem. Concluíram, através de tal experimento, que os ovinos são úteis ao sistema exposto, desde que bem manejados, uma vez que estes procuram avidamente os folíolos da *K. Ivorensis*, que são ricos em proteína e nutrientes. E, ainda, concluem que, nos dois primeiros anos de estabelecimento dos sistemas, é viável o uso do solo, nas entrelinhas plantadas da espécie, com cultivos anuais de milho, feijão, mandioca, entre outros, o que reduz o custo de implantação do SAF.

PINHEIRO et al (2011) salienta que é possível ter acesso a informações relevantes, embora empíricas, sobre plantios mistos com a *K. ivorensis*. Tais informações originaram-se da experiência de outros países e do conhecimento que se tem sobre as várias espécies nativas e exóticas introduzidas no Brasil. Também sugerem algumas espécies de boa produção de madeira para fazer consórcio com a *K. ivorensis*, tais como o Jacarandá-da-Bahia, Peroba Rosa e outras espécies nobres nativas. O cedro-australiano (*Toona australis*), bem como o indiano (*Acrocarpus fraxinifolius*), O mogno indiano (*Chukrasia tabularis*) e espécies do gênero *Eucalyptus* podem e devem ser usados com muito sucesso neste consórcio.

Segundo o professor Antônio, existem observações empíricas de que as espécies de cedro ocorrentes na América resistem aos ataques da *Hypsipyla grandella*, devido à sua associação com o pau d'alho (*Gallesia integrifolia*) no interior da floresta. Sugere-se o plantio consorciado também do mogno-africano com o pau d'alho, o que pode vir a ser de muito interesse para controle de possíveis ataques nas regiões naturais, no entanto, tal informação precisa ser devidamente investigada. Uma outra boa alternativa de controle e prevenção dos ataques é a presença do cedroaustraliano (*Toona australis*) próximos ou junto aos mognos, pois tem sido constantemente observado que as larvas de *Hypsipyla grandella*, ao se alimentarem dos brotos terminais desta espécie, morrem devido à substâncias tóxicas presentes. É muito importante salientar que, em se tratando de uma resistência por não-preferência, há que ser realizados monitoramentos

constantes dos ataques, para que medidas sejam tomadas para prevenção de ataques severos.

Outro aspecto crucial inerente à *K. ivorensis* refere-se à sua capacidade de adaptação aos diferentes ambientes, isto é, ela apresenta grande plasticidade¹⁶. Danquah (2010) relata a capacidade de adaptação fenotípica da morfologia das folhas da *K. ivorensis* com relação às variadas condições de temperatura, altitude, precipitação, longitude e latitude em populações em Gana. Foram amostrados 120 espécimes provenientes de seis *sites* e 2.400 folhas foram escaneadas e devidamente mensuradas. Através de análises estatísticas e cálculos de índices de plasticidade, chegou-se à conclusão, resumida, de que quanto maior a média anual de precipitação a área possuísse, maior seria o índice de plasticidade da espécie. As folhas dos espécimes dos ambientes mais úmidos (aqueles que estão mais ao sul) são maiores, ao passo que as folhas dos espécimes dos ambientes mais secos (aqueles mais ao norte) são menores, o que pode ser entendido como um mecanismo de adaptação a dessecação, por exemplo ou resultado de uma resposta a plasticidade a diversos ambientes que a espécie pode ocupar naturalmente ao longo do país. Existe uma relação proporcional também entre o comprimento da folha e a altitude da região, segundo Danquah (2010).

1.2. Objetivo geral

Verificar a possibilidade de se fazer plantios comerciais da *K. Ivorensis* em Minas Gerais, buscando-se, para tanto, identificar, localizar e estudar as áreas favoráveis para o cultivo da *K. ivorensis* no Estado de Minas Gerais, aplicando

¹⁶ (a) Plasticidade fenotípica adaptativa é o potencial que um organismo tem de produzir diferentes fenótipos de acordo com o ambiente. E ainda acrescenta que é reconhecido que a plasticidade tem muitos benefícios ecológicos (DANQUAH, 2010).

(b) Valladares et al (2007) afirma que a compreensão da plasticidade em ambiente diverso tomou destaque quando da previsão de resposta por parte das plantas para com as mudanças ambientais causadas pelo aquecimento global ou distúrbios antrópicos (DANQUAH, 2010).

conceitos e técnicas ligados à modelagem ambiental e levando em consideração os princípios e objetivos da sustentabilidade.

1.2.1. Objetivos específicos

- a. identificar os parâmetros essenciais para o cultivo bem sucedido da *K. ivorensis* em Minas Gerais;
- b. identificar as áreas possíveis para o plantio comercial da espécie e que venham a favorecer a redução do desmatamento e outros problemas ambientais resultantes das monoculturas intensivas;
- c. desenvolver um modelo que proporcione a identificação e a análise das áreas favoráveis para o plantio da espécie, nos termos estabelecidos nos itens a. e b.;
- d. desenvolver um estudo de caso, tendo em vista testar a validade dos resultados (indicando as suficiências e insuficiências do trabalho);
- e. avaliar a pertinência do método.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração deste trabalho foram utilizadas informações, metas dados e planos de informações relativos ao Estado de Minas Gerais, quais sejam, hidrografia provenientes do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), Pedologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) concomitantemente e das demais variáveis provenientes do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG).

Os procedimentos metodológicos iniciam-se na definição do motivo da investigação, o que inclui a definição e descrição do território em função do objetivo. Seguindo-se, o levantamento bibliográfico e de informações, que incluiu também a participação em seminários, fóruns e curso sobre a *K. ivorensis*, suas características fisiológicas, mercadológicas e de adaptação no Brasil, especialmente em Minas Gerais.

Através do levantamento bibliográfico e confirmação de *experts* na área, pode-se definir as variáveis/parâmetros essenciais para garantir o bom desenvolvimento da espécie (MOURA, 2007), bem como a seleção de parâmetros ambientais restritivos, tais como as Áreas de Prioritárias para Conservação e as Unidades de Conservação (UCs), que, em outros termos, designa a resposta de um Modelo de Representação

As variáveis capazes de influenciar no grau de favorabilidade do cultivo bem sucedido da espécie nas diversas áreas do estado, considerando o viés sustentável do presente trabalho são: Temperatura, Precipitação, Pedologia, Hidrografia, Áreas Prioritárias para Recuperação e Conservação além das Unidades de Conservação e Declividade.

Estas variáveis podem ser subdivididas em dois grupos: das variáveis que favorecem o cultivo da espécie e das variáveis que são consideradas fatores restritivos para a introdução da espécie em determinadas áreas. Enquanto as variáveis Temperatura, Precipitação, Pedologia e Áreas Prioritárias para Recuperação pertencem ao primeiro grupo, as variáveis Áreas Prioritárias para Conservação, Declividade e UCs pertencem ao último.

Uma vez definidos os parâmetros ótimos e restritivos para as variáveis selecionadas, buscaram-se através de entidades governamentais, informações/ metas- dados/ planos de informações referentes àquelas em MG.

A adequação dos dados se fez necessária no *software* ArcGis. Entende-se por adequação de dados a checagem e o tratamento (caso necessário) de uma série

de características dos arquivos de cada variável em meio digital, afim de torná-los coerentes para realização da Análise Multicritério, que possibilitará realizar a união das camadas de informações disponíveis e restringir as áreas com diferentes graus de favorabilidade de plantio da *K. ivorensis*, a saber¹⁷:

- se se trata de arquivo em *raster*¹⁸ ou vetor;
- se há tabelas associadas; quais os principais campos que caracterizam a variável;
- qual a fonte da variável; e
- qual a data das informações (do dado).

Além desses:

- a resolução mínima aceitável (pelo PEC¹⁸ ou pela resolução de imagem);
- a resolução máxima aceitável (pelos objetivos de análise);
- se foi feita escolha por representação vetorial ou matricial (no *software*) com a devida justificativa.

E, por fim:

- Qual(is) processo(s) em geoprocessamento será(ão) realizado(s) para que a variável favorável se transforme em Superfície Potencial de Distribuição do Fenômeno ou Ocorrência Espacial (isto é, atribuição de valor para cada pixel de *raster*).

Uma vez realizado o tratamento e adequação dos dados espaciais (camadas de informações), considera-se que estes estão preparados para composição do Banco de Dados - consiste em mapas temáticos de variáveis de interesse – que estão enumerados na TAB.1 e descritos, um a um, no item subsequente.

¹⁷ Esquema proposto por Moura (2014) em sala de aula.

¹⁸ Matriz de linhas e colunas com informações em cada ponto. Mapoteca, UFRJ, 2014.

¹⁸ PEC: Padrão de Exatidão Cartográfica (erro admissível em um mapa): Padrão A: 0,5 mm / Padrão B: 0,8 mm e Padrão C: 1 mm.

Nesta etapa, o modelo – detalhado no subitem 2.5. - é proposto objetivando classificar as áreas do Estado de Minas Gerais em distintos graus de favorabilidade para o cultivo da *K. ivorensis*.

Na Análise Multicritério (MOURA, 2007), para o cruzamento de variáveis, também conhecido como Árvore de Decisões, o procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para construção do resultado final. Conforme o autor, emprega-se, para tanto, a Média Ponderada, podendo também ser usada a lógica Fuzzy quando da atribuição de pesos e notas.

É válido salientar que a atribuição de pesos e notas pode se dar através de um processo heurístico como o *Data Driven Evaluation* ou pelo *Knowledge-Driven Evaluation* (MOURA et al., 2014). No presente trabalho será usada a abordagem guiada pelo conhecimento (*Knowledge-Driven Evaluation*), uma vez que a literatura referente ao assunto no país e especialmente no Estado de Minas Gerais é bastante incipiente, ao passo que cultivadores e estudiosos já conhecem, embora empiricamente, os aspectos favoráveis e não favoráveis para o estabelecimento da cultura na região. Nesta abordagem, os pesos dos componentes de legenda utilizados para a obtenção de mapas de favorabilidade são atribuídos com base na experiência do profissional e/ou especialistas (BONHAM-CARTER, 1994), precisando, no entanto, construir uma função de pertinência, que será dada através do método Delphi ou consulta direta a especialistas (experts) – que está detalhada no item “2.5- Construção do modelo”, deste capítulo.

A título de agregação de valor e complementação à Análise Multicritérios, foi realizada a “*Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation*” ou Avaliação de Sensibilidade para Análise de Adequabilidade – técnica elaborada por

Jankowski¹⁹ e Logmann-Zielinska - cujo objetivo é apresentar o grau de certeza/incerteza das respostas dadas pelo modelo. Esta análise que possibilita verificar e controlar a decisão em função da certeza ou incerteza dos resultados pode ser realizada através da simulação de Monte Carlo, detalhada também no item “2.5- Construção do modelo”.

Assim sendo, propõe-se a utilização das variáveis do meio físico, quais sejam: precipitação, temperatura média, áreas prioritárias para recuperação e pedologia, incluindo as de restrições, quais sejam: áreas prioritárias para conservação, Unidades de Conservação de Proteção Integral e Declividade (acima de 45°) para aplicação do modelo abrangendo todo o Estado e, assim, possibilitar a visualização em macro escala, das diferentes favorabilidades para o cultivo da espécie, tendo uma ideia generalizada dos locais mais ou menos propícios para introdução da cultura.

A validação dos resultados se dá pelo estudo de caso realizado em área cultivada, no município do Carmo do Paranaíba (MG),

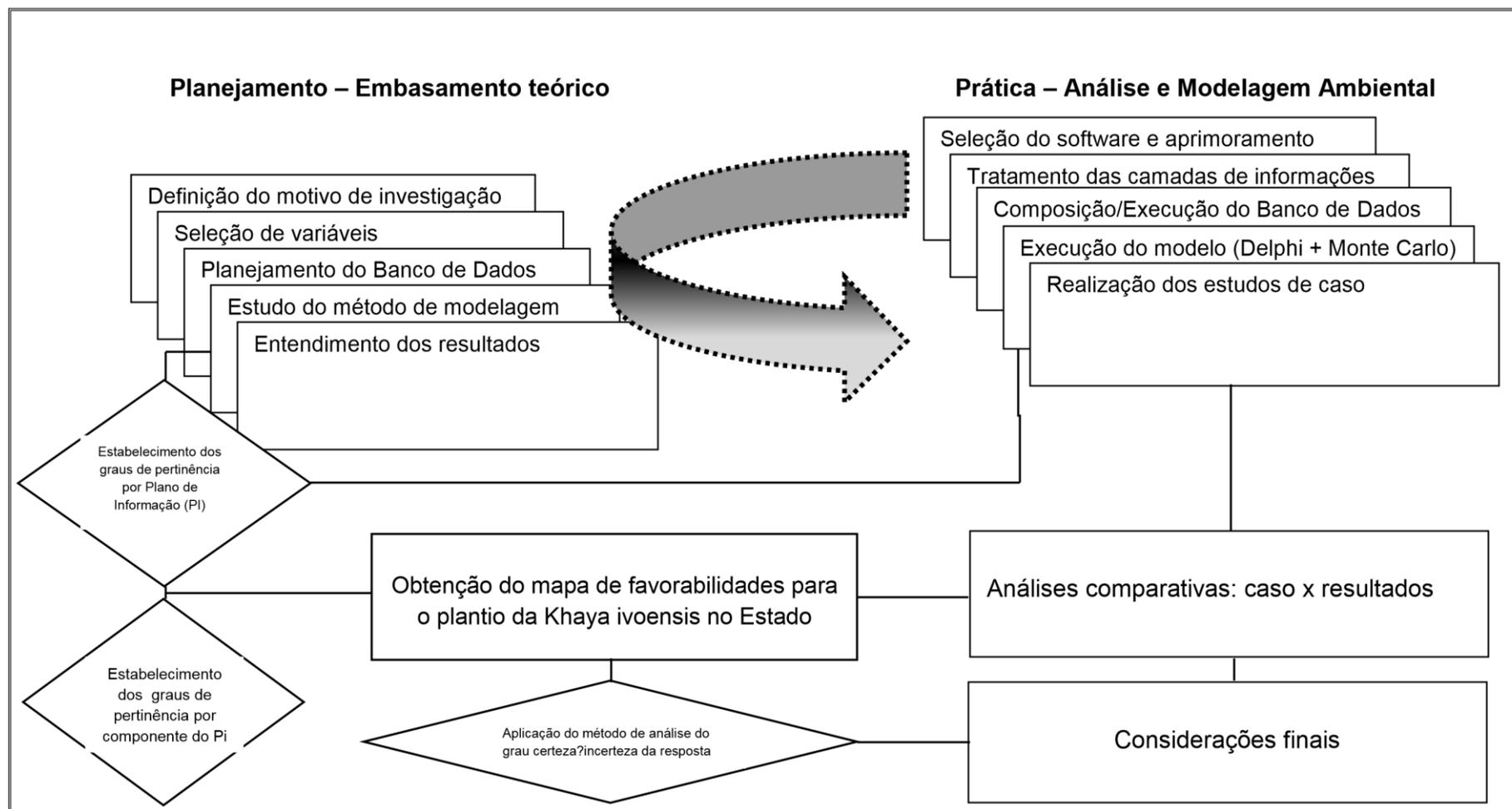
Por último, mas não menos importante, salienta-se que se busca priorizar o cultivo da exótica em áreas onde já existiram usos do solo, como agricultura e ou criação animal. Poder atestar a aplicabilidade do modelo para outras finalidades também foi considerado um resultado plausível.

O esquema metodológico, apresentado a seguir, sintetiza todo este processo:

¹⁹ Professor of Geography, Department of Geography, San Diego State University Usa. PhD., University of Washington, 1989.M.S.,Poznan University of Economic, 1979. Research Interests: Spatial Decision Support Systes, Public Participation GIS, Visual Analytics, Geocomputation Methods, Volinteeded Geographic Information, Water Resource Modeling and Management. Courses Taught: Introduction to Geographic Information Systems, Spatial Decision Support Methods, Geographic Information Systems and Participatory Geographic Information Systems.

2.1. Esquema metodológico

Figura 1 - Esquema metodológico do trabalho



Fonte: A autora, 2014.

2.2. Banco de dados

As variáveis que compõem o Banco de Dados com as respectivas fontes são rerepresentadas a seguir:

Provenientes do ZEE-MG (2014), foram captadas e utilizadas as camadas de informação “Contorno de Minas Gerais”, “Municípios”, “Superintendências Regionais de Regularização Ambiental”, “Hidrografia”, “Precipitação”, “Temperatura”, “Áreas Prioritárias para Conservação”, “Áreas Prioritárias para Recuperação”, “Declividade” e “Unidades de Conservação”. A camada “Pedologia” é proveniente da UFV, UFLA e FEAM, conforme já descrito. Tais variáveis possuem escala qualitativa e são denominadas como nominais por se tratarem de valores não numéricos em que não há hierarquia lógica.

A estatística é ciência fundamental para o tratamento correto de dados que envolvem incerteza e a TAB. 01 apresenta o detalhamento dos tipos de variáveis utilizáveis na modelagem ambiental.

Tabela 1 – Tipos de variáveis utilizáveis na modelagem ambiental

Escala	Variável	Característica	Exemplo
Qualitativa	Nominal	Valores são “nomes”, ou “estados” não-numéricos, sem hierarquia lógica	Tipos de atividades desenvolvidas numa organização-cliente: banco, atacadista, provedora de telefonia, etc
	Ordinal	Idem acima, mas com hierarquização lógica	Grau de instrução de uma pessoa: sem instrução escolar, ensino fundamental incompleto, completo, ensino médio incompleto, completo e superior
Quantitativa	Discreta	Valores são números pertencentes a um conjunto contável	Número de <i>bugs</i> em um software: 0, 1, 2, 3, 4, ...
	Contínua	Valores são números pertencentes a um conjunto não-contável. Algumas vezes, as variáveis quantitativas contínuas são divididas em <i>Escala Intervalar</i> (o zero da escala é arbitrário) e <i>Escala Razão</i> (o zero da escala é absoluto)	<i>Escala Razão</i> : esforço em horas.homem: qualquer número real não-negativo, com zero absoluto. <i>Escala Intervalar</i> : temperatura do ar em graus Celsius: são números reais, mas o zero é arbitrário (já a temperatura em Kelvin é Escala Razão, pois o zero é absoluto)

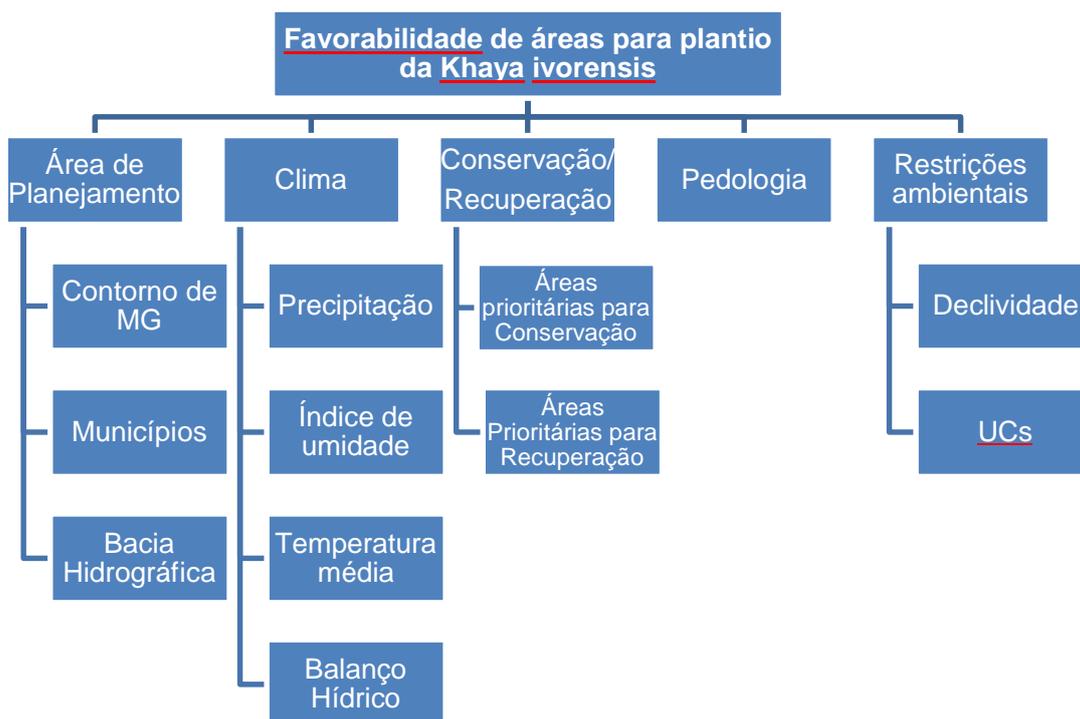
Fonte: OLIVEIRA et al., 2014.

2.2.1. Critérios de avaliação física

Estes critérios contribuem para tomada de decisão no que concerne ao melhor custo-benefício de forma a selecionar espaços territoriais que apresentam as melhores condições físicas para cultivo da espécie em questão.

De forma resumida, o organograma a seguir, demonstra o processo denominado Árvore de Decisão, utilizado neste trabalho com intuito de propiciar apoio a decisões quanto ao seu objetivo, ou seja, estimar a localização, quantidade e/ou qualidade das variáveis ambientais selecionadas, tendo em vista a seleção de áreas com favorabilidades distintas para o cultivo bem sucedido e sustentável da espécie *K. ivorensis*:

Figura 2: Organograma das variáveis que propiciam seleção de áreas com favorabilidades



Fonte: A autora, 2014.

2.2.1.1. ÁREA DE PLANEJAMENTO

Área de planejamento, que facilita a gestão da região, envolve as *layers* “contorno de MG”, “municípios” e “bacia hidrográfica” no contexto deste trabalho.

2.2.1.1.1. Contorno de Minas Gerais

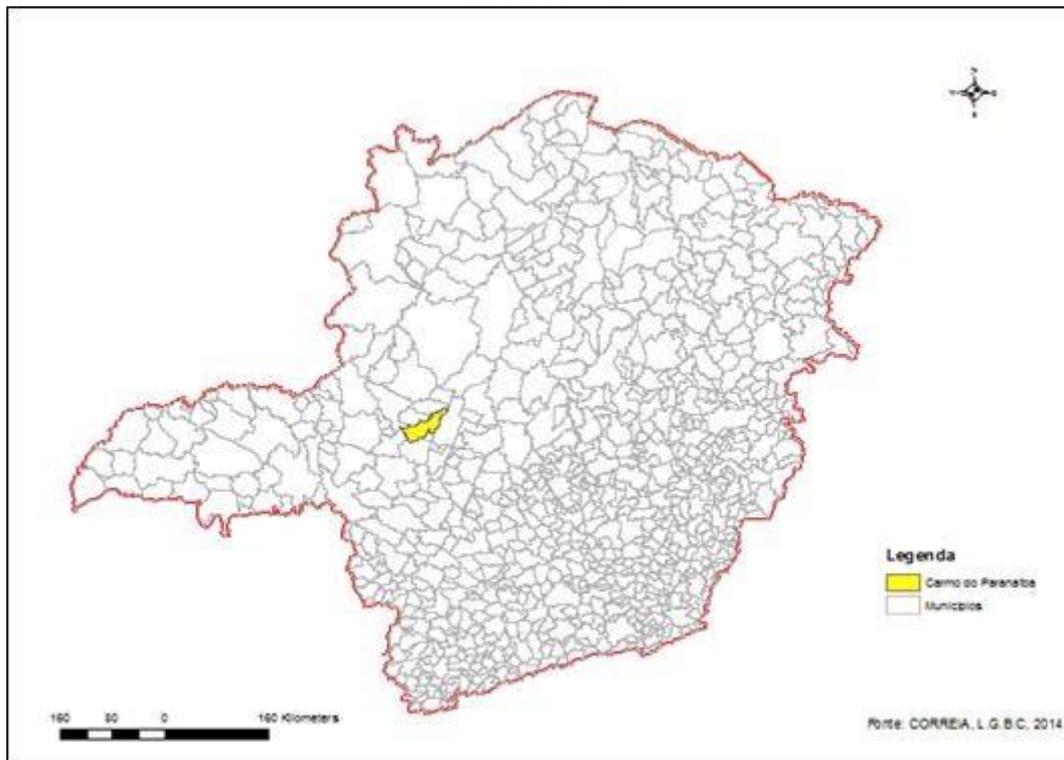
Este *layer* delimita toda a área de interesse para o estabelecimento das áreas favoráveis para o plantio da *K. ivorensis* em função das variáveis descritas nos itens a seguir.

2.2.1.1.2. Municípios

O *layer* “municípios” se faz importante uma vez que uma das etapas do trabalho consiste na validação dos dados em município específico. Ademais, propicia ao leitor pesquisar apenas o município (ou conjunto deles) de interesse dentre os 853 existentes no Estado.

A FIG 3 apresenta um mapa da locação do município de Carmo do Paranaíba no contexto dos demais municípios do Estado.

Figura 3: Município do Carmo do Paranaíba no contexto dos demais Municípios do Estado de MG

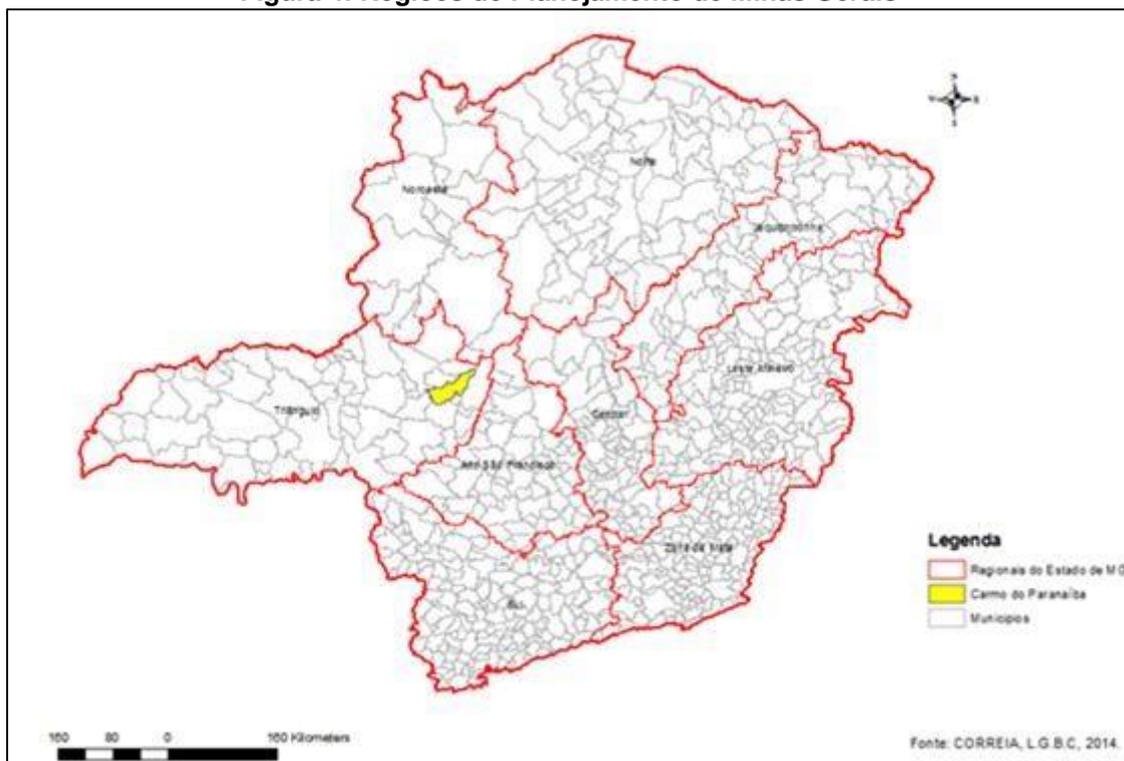


Fonte: ZEE-MG, 2014.

2.2.1.1.3. Superintendências Regionais de Regularização Ambiental - SUPRAMs

Assim como o *layer* “municípios”, esta permite a localização de áreas de interesse em função das Regiões de Planejamento do Estado, que são: Noroeste, Central, Jequitinhonha, Norte, Sul, Leste, Zona da Mata, Alto São Francisco e Triângulo, conforme passível de visualização na Figura a seguir:

Figura 4: Regiões de Planejamento de Minas Gerais



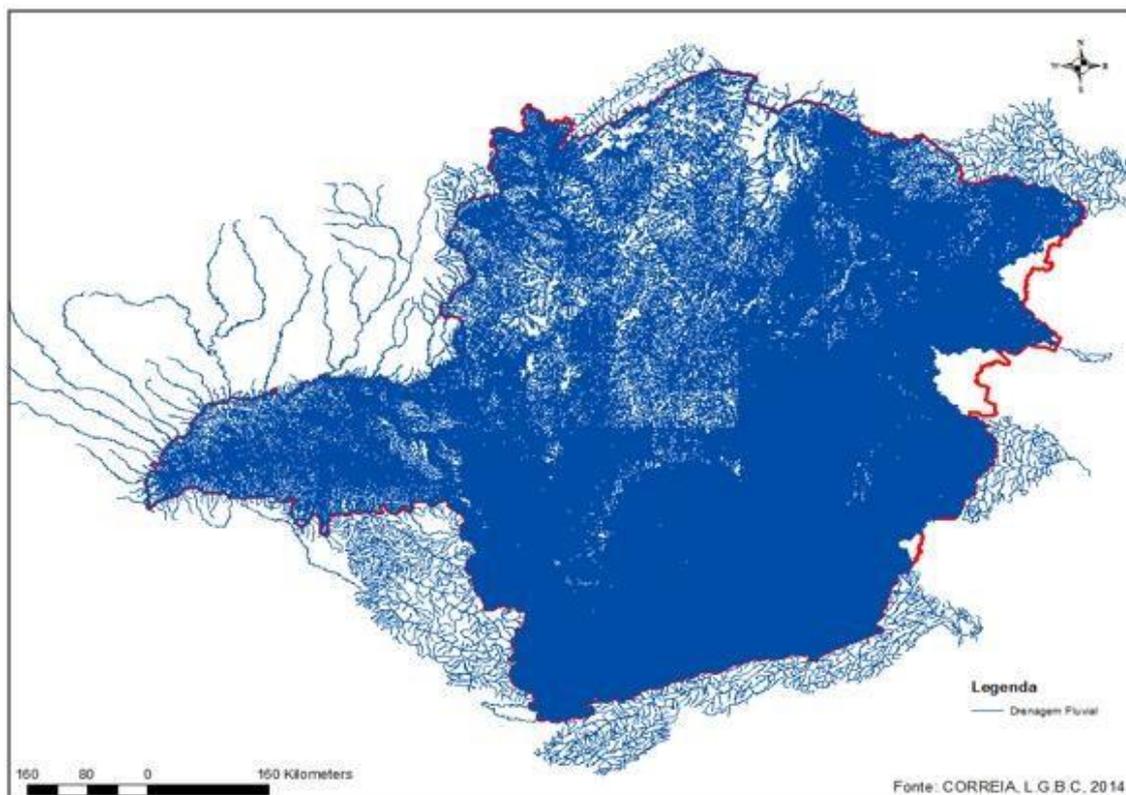
Fonte: Adaptado ZEE-MG, 2014.

2.2.1.1.4. Hidrografia

Além deste *layer* possibilitar a identificação de determinadas áreas em função dos rios e seus afluentes, é possível identificar Áreas de Preservação Permanente (APP) de curso de água quando da análise em escalas menores como em municípios por exemplo. Assim exposto, esta não será levada em consideração para a análise em âmbito estadual.

Vale salientar no entanto que as bacias hidrográficas que compõem o Estado de MG são: Bacias do Rio Doce, Rio Grande, Rio Jequitinhonha, Rio Mucuri, Rio Paracatu, Rio Paraíba do Sul, Rio Paranaíba, Rio Pardo, Rio Piracicaba – Jaguari, e as bacias do Rio São Francisco: “SF1e SF4”, “SF10”, “SF2”, “SF3”, “SF5”, “SF6”, “SF7”, “SF8” e “SF9”.

Figura 5: Hidrografia de Minas Gerais



Fonte: Adaptado ZEE-MG, 2014.

2.2.1.2. CLIMA

O clima é fator fundamental para o bom desenvolvimento das espécies arbóreas, sobretudo para a *K. ivorensis*.

Segundo o ZEE MG, o clima é uma composição da precipitação, índice de umidade, temperatura média e balanço hídrico. Para tanto, são detalhadas tais variáveis nos itens subsequentes.

2.2.1.2.1. Precipitação

De acordo com o ZEE MG, o Estado foi dividido em áreas cuja precipitação se insere em uma das 10 faixas (mm - média anual) de acordo com a TAB 2 a seguir:

Tabela 02 - Faixas de médias anuais de precipitação

733-847	963-1076	1191-1305	1420-1533	1648-1762
848-962	1077-1190	1306-1419	1534-1647	1763-1876

Fonte: CARVALHO et al., 2014.

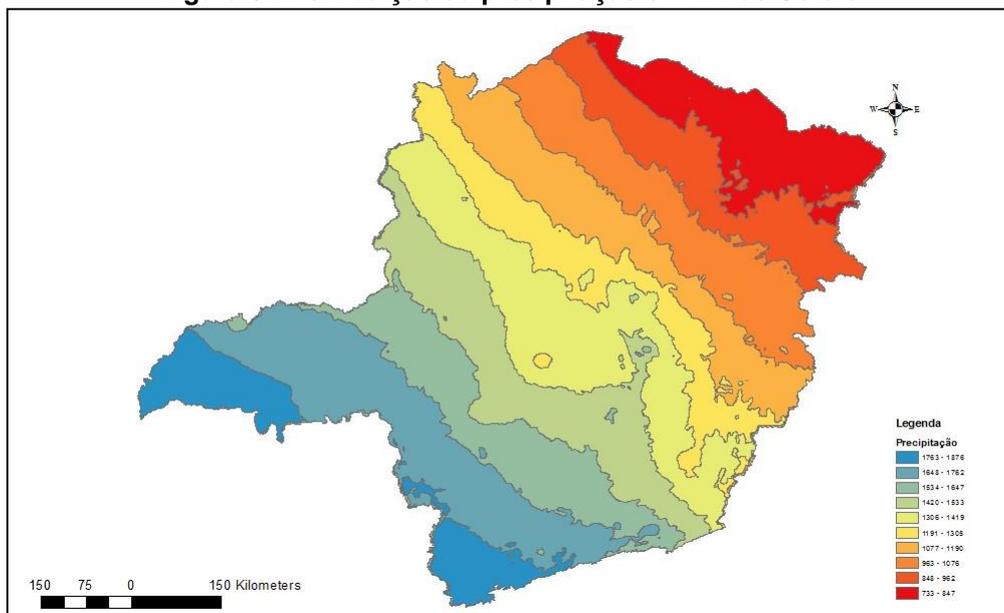
As regiões Norte e Jequitinhonha são aquelas com o menor índice de precipitação no Estado, se limitando a no máximo a média de precipitação de 1419 mm.

Enquanto isso, o extremo oeste do Triângulo Mineiro e o extremo sul da região sul possuem a maior média de precipitação podendo alcançar 1876 mm.

Pinheiro et al (2011) afirma que os espécimes de *K. ivorensis* são bem sucedidos em locais cuja precipitação média está entre 1600 e 2500 mm e suporta período seco de no máximo quatro meses, ocorrendo assim, de forma dispersa. Vale salientar, no entanto, que em períodos chuvosos a *K. ivorensis* suporta inundações, se mostrando resistentes.

Como o maior índice no Estado é inferior ao limite ótimo de precipitação para a cultura, foram selecionadas apenas áreas cuja precipitação fosse acima de 1600 mm.

Figura 6: Distribuição da precipitação em Minas Gerais



Fonte: Adaptado de ZEE-MG, 2014.

2.2.1.2.2. Índice de umidade

Os tipos climáticos adotados pelo ZEE MG foram desenvolvidos por Thornthwaite (1974) e Icrisat (1980) baseados no índice de umidade (lu) gerado a partir dos parâmetros do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955). A tabela com tais tipos pode ser visualizada a seguir:

Tabela 03 - Tipos de clima em função dos intervalos de Índice de umidade

Tipo de Clima		lu
A	Superúmido	$lu \geq 100$
B ₄	Úmido	$80 \leq lu < 100$
B ₃	Úmido	$60 \leq lu < 80$
B ₂	Úmido	$40 \leq lu < 60$
B ₁	Úmido	$20 \leq lu < 40$
C ₂	Subúmido	$0 \leq lu < 20$
C ₁	Subúmido seco	$-33,3 \leq lu < 0$
D	Semi-árido	$-66,7 \leq lu < -33,3$
E	Árido	$-100 \leq lu < -66,7$

Fonte: CARVALHO et al., 2014.

Na maior parte das porções Norte e Jequitinhonha prevalecem o tipo climático subúmido seco C1, isto é, “lu” entre -33,3 e 0. Possui temperaturas média anuais mais baixas se comparadas às temperaturas médias do semi-árido, clima característico das porções do extremo norte e nordeste do Estado.

Já o Sul detém os climas superúmido, úmidos B4, B3 e pouco B2, isto é, lu podem partir de 40 e superarem 100, com precipitação acima de 1500 mm.

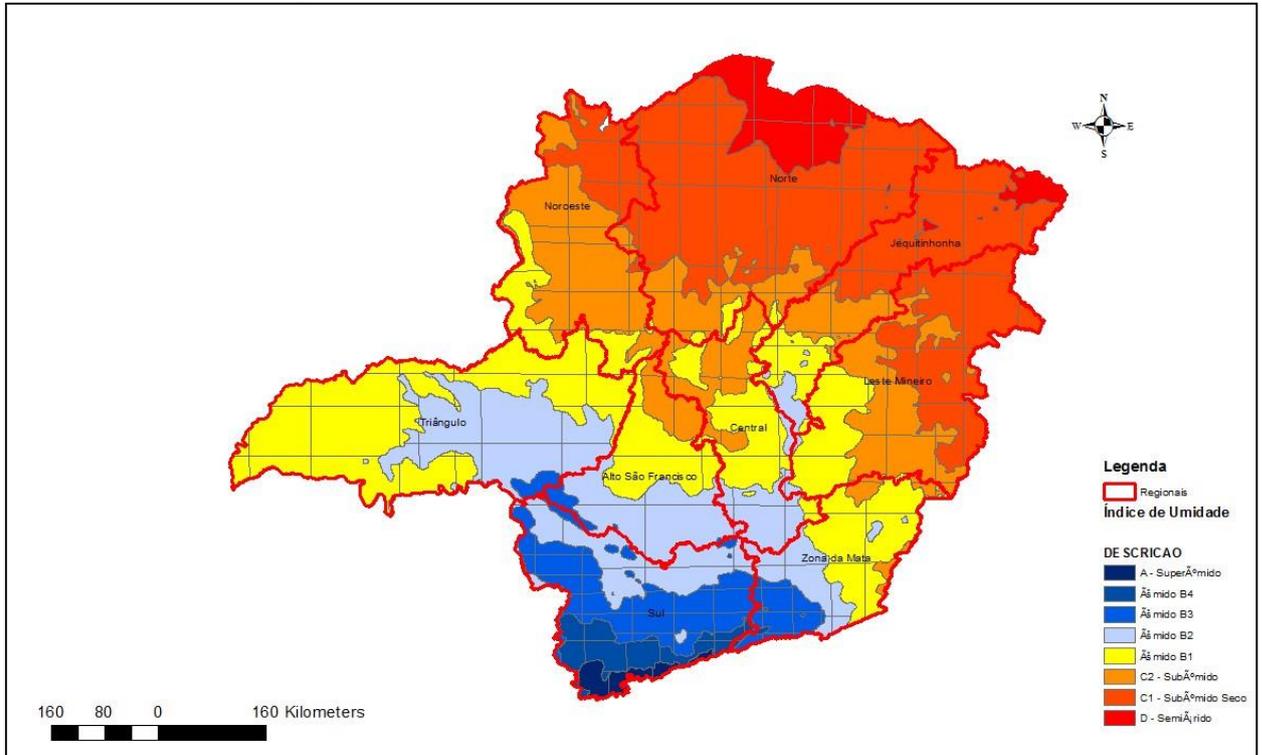
O triângulo mineiro apresenta prevalência dos climas úmido B1 e úmido B2, cujo lu variam de 20 a 60, precipitação acumulada anual de 1400 a 1600 mm e temperaturas médias de 18 a 23 °C.

A área central mescla os climas subúmido, úmido B1 e úmido B2 enquanto a zona da mata possui todos estes além do clima úmido B3. O leste mineiro se

assemelha ao Jequitinhonha porém com o acréscimo significativo do Clima Úmido B1.

A zona da Mata apresenta os tipos subúmido C2, úmido B1, úmido B2 e úmido B3.

Figura 7 – Índices de Umidade em Minas Gerais



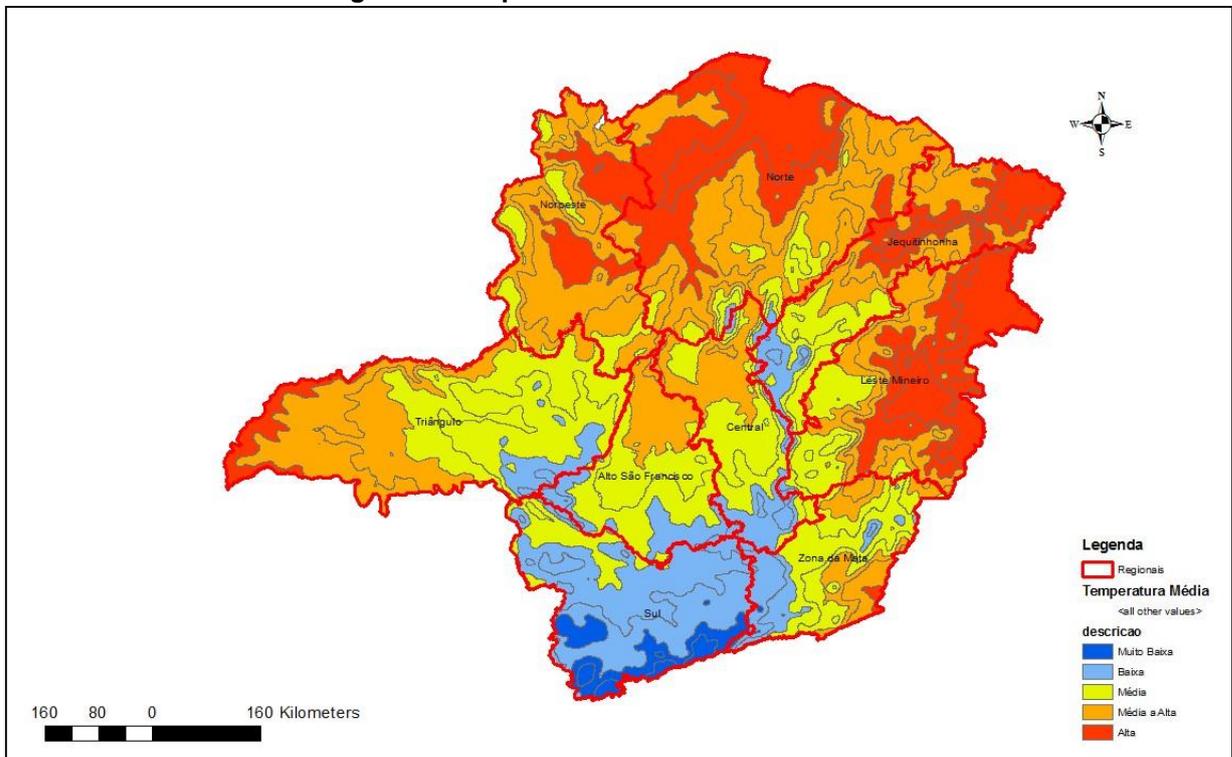
Fonte: Adaptado ZEE MG, 2014.

2.2.1.2.3. Temperatura média

As temperaturas médias de MG variam de 12,6 °C a 26,2 °C sendo que ao norte e no extremo leste da região leste prevalecem as maiores temperaturas, cuja média chega a 26,2. Já o extremo sul apresenta as temperaturas mais baixas do Estado sendo a temperatura média mínima de 12,6 °C.

Segundo Pinheiro et al (2011) o mogno-africano da espécie *K. ivorensis*, ocorre naturalmente em sítios onde a temperatura varia entre 18 e 27°C.

Figura 8: Temperaturas médias de MG.



Fonte: Adaptado ZEE MG, 2014.

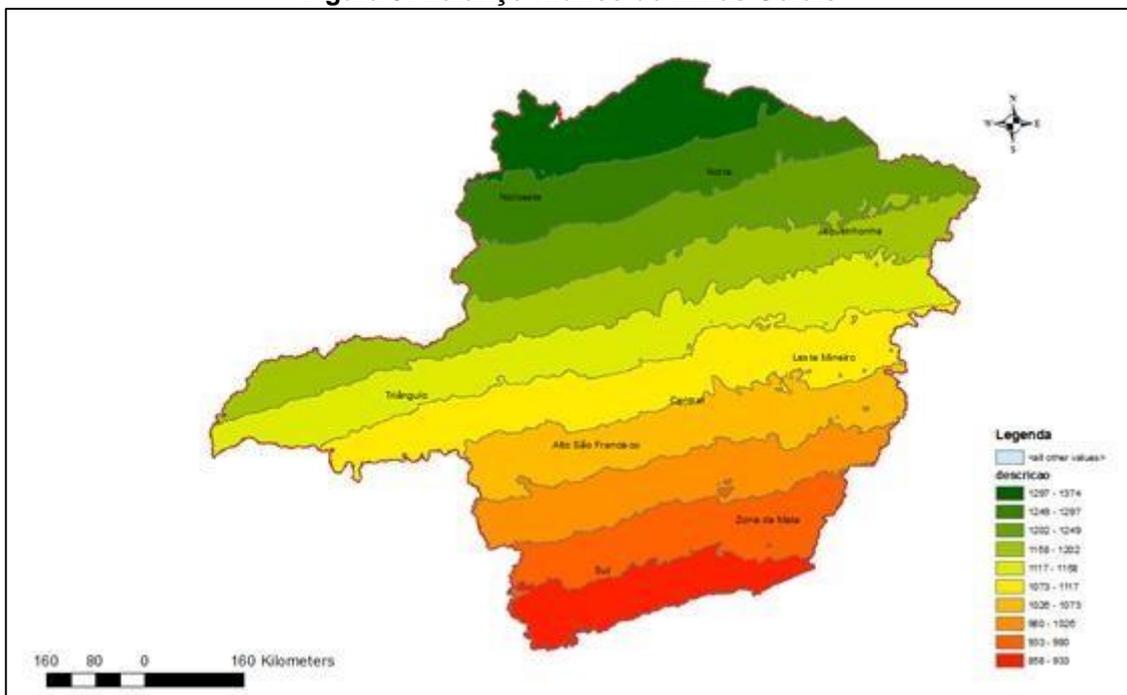
2.2.1.2.4. Balanço Hídrico

Segundo Thomthwaite; Mather (1955), o balanço hídrico climático (BHC) é resultante dos cálculos da deficiência hídrica (Def), do excesso hídrico (Exc), da retirada e reposição de água no solo e efetua-se pelo balanço entre entradas e saídas de água no sistema solo-planta levando em conta a capacidade de armazenamento de água pelo solo (CARVALHO et al., 2014.).

Para seu desenvolvimento, os dados normais necessários são os valores mensais de precipitação pluvial e temperatura média, além da evapotranspiração potencial (ETP).

Recomenda-se utilizar a capacidade de armazenamento de água no solo 100 ou 125 mm, como valor médio para a maioria das plantas cultivadas quando a finalidade do BHC trata-se de demandas climatológicas.

Figura 9: Balanço Hídrico de Minas Gerais



Fonte: Adaptado ZEE MG, 2014.

2.2.1.3. CONSERVAÇÃO / RECUPERAÇÃO

2.2.1.3.1. Áreas prioritárias para Conservação

Este *layer* apresenta o Estado de MG dividido em cinco categorias de prioridade de conservação, sendo elas: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa.

As áreas classificadas como de alta prioridade para conservação são aquelas que apresentam qualidade e vulnerabilidade natural altas além dos municípios possuírem intensa atividade econômica, isto é, áreas ambientalmente frágeis que provavelmente se encontram na iminência de alta pressão antrópica mas ainda possuem alta qualidade ambiental.

2.2.1.3.2. Áreas prioritárias para Recuperação

As áreas cuja prioridade de recuperação é alta, são aquelas em que a intervenção antrópica é intensa. Através deste *layer* é possível apontar áreas a serem recuperadas através de programas de conservação do solo e da água, recuperação de voçorocas entre outros.

2.2.1.4. PEDOLOGIA

Este *layer* foi elaborada pelas Universidades Federal de Lavras e Federal de Viçosa, Fundação Centro Tecnológico De Minas Gerais (CETEC) e Fundação Estadual Do Meio Ambiente (FEAM) conforme já descrito.

Como estava em projeção South American 1669, foi necessário transformá-la em WGS84, projeção mais utilizada mundialmente e em que os demais *layers* estavam configuradas.

A *K. ivorensis* prefere solos com reduzida capacidade de retenção de água (LAMPRECHT, 1990), mas não tolera longos períodos de solo seco. A espécie necessita basicamente de radiação solar, água e nutrientes. Os solos devem ser profundos pois solos rasos com algum impedimento físico, como rochas ou camadas adensadas pode prejudicar o bom desenvolvimento da espécie. Além disso, devem ser evitados elevados teores de alumínio no solo (PINHEIRO et al, 2011). Os solos de meia encosta são os melhores para seu desenvolvimento, sendo importante evitar solos compactados ou adensados como o latossolo amarelo coeso.

Conforme já citado na p.14, os solos relacionados à *K. ivorensis* são 1) os latossolos vermelho-amarelos e 2) os argissolos vermelho-amarelos, nos quais, na zona da mata mineira a espécie se desenvolve muito bem (PINHEIRO et al, 2011). Apesar da grande variedade de solos encontrados em Minas Gerais (FEAM, 2010), foram considerados apenas os dois citados, já que, somente

estes, são citados nos trabalhos dos especialistas brasileiros, especialmente Pinheiro et al.

2.2.1.5. RESTRIÇÕES AMBIENTAIS

Áreas com restrições ambientais são aquelas que em virtude de legislações não podem ou devem ser ocupadas. Os subitens seguintes são exemplos de restrições ambientais de cunho legal.

2.2.1.5.1. Declividade

São consideradas Áreas de Preservação Permanente (APPs), segundo Código Florestal vigente, “todas as terras cuja declividade seja superior a 45°”, tornando-se um critério restritivo a ser utilizado quando da Análise Multicritério com todas as variáveis.

Tal *layer*, cuja fonte é ZEE MG foi obtida a partir de um modelo digital de elevação e é subdividido em quatro classes: plano ou suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso ou escarpado correspondendo respectivamente a, 0-8° de declividade, 8-20° de declividade, 20-45° de declividade e 45-75° de declividade (sendo que escarpado superam os 75° de declividade).

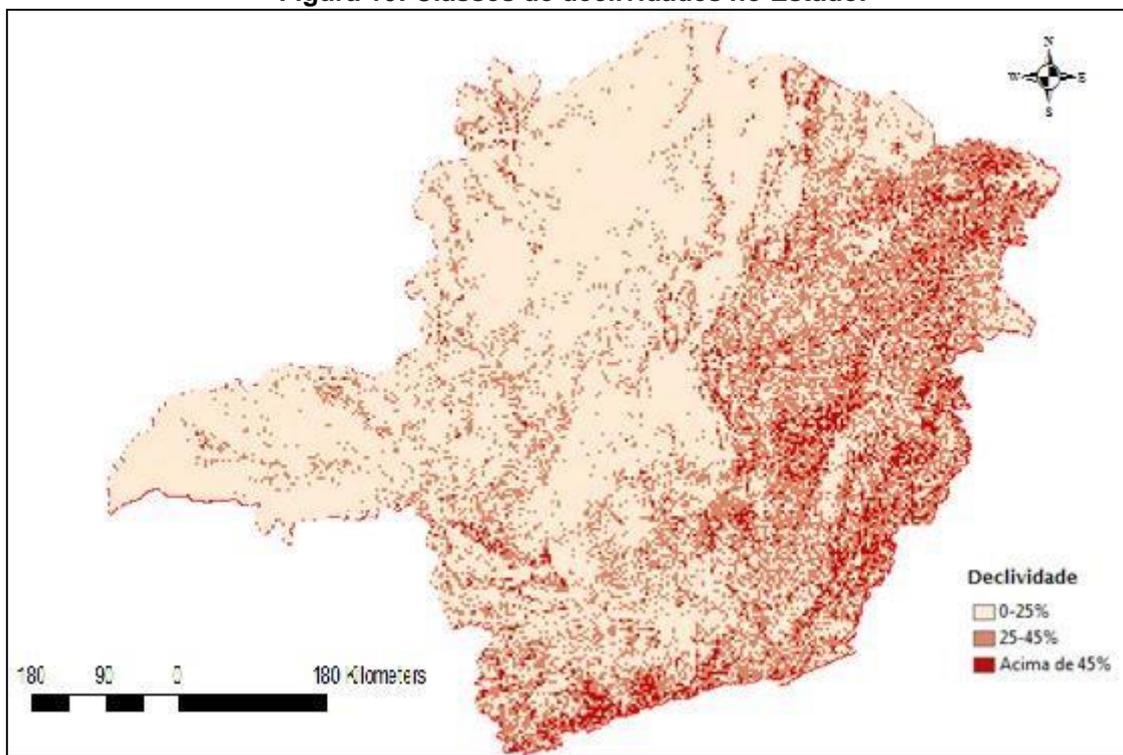
É válido salientar que o Código Florestal vigente em seu Art. 11 descreve:

Em áreas de inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social.

Assim sendo, para efeito deste trabalho, subdividiu-se as classes em três: 0-25° de declividade, 25° exclusive - 45° e acima de 45°.

Visualmente, é possível constatar – na FIG. 10 - que a maior parte do Estado é composta pela declividades inseridas no intervalo entre 0 e 25° e as porções mais acidentadas se encontram predominantemente na porção leste.

Figura 10: Classes de declividades no Estado.



Fonte: Adaptado ZEE MG, 2014.

2.2.1.5.2. Unidades de conservação (UCs)

Trata-se de um critério de exclusão identificado através da Base de Dados do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais. Compõem áreas de preservação ambiental, onde não podem ser realizadas intervenções inclusive no que tange ao cultivo de espécie exótica, na maioria dos casos.

A título de complementação, enumeram-se – em forma de quadro (QUADRO 1) - os tipos de UCs inseridos em duas categorias, todos estabelecidos pelo Sistema Nacional de Unidades Conservação (SNUC):

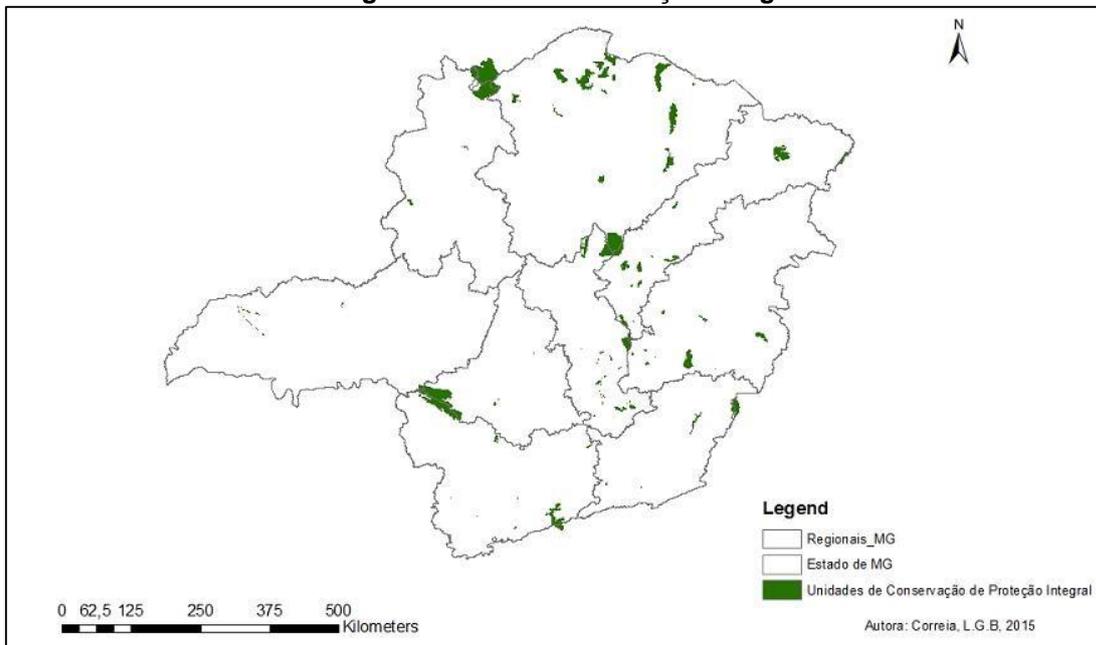
Quadro 01 – tipos de UCs

Proteção Integral	Uso Sustentável
Estação Ecológica	Área de Proteção Ambiental
Reserva Biológica	Florestas Estaduais
Parque Estadual	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
Monumento Natural	
Refúgio de Vida Silvestre	Reservas Particulares do Patrimônio Natural

Enquanto as UCs de Proteção Integral objetivam preservar a natureza, sendo admitido unicamente o uso indireto de recursos naturais, as UCs de Uso Sustentável têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais.

São alvos de restrições completas apenas as Unidades de Proteção Integral (FIG. 11), não significando necessariamente que as UCs de Uso sustentável podem conter plantios e exploração da espécie. É necessário que se faça uma consulta técnica e legal em cada caso.

Figura 11 - UC's de Proteção Integral



Fonte: Adaptado ZEE MG, 2015.

- Áreas de Preservação Permanente (APPs)

Essa variável, embora de importância categórica, acredita-se ser o maior desafio, pois não há base de dados para o Estado em virtude da grande complexidade de sua formação.

- Reserva Legal

Segundo o Código Florestal²⁰, Reserva legal é: “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, [delimitada nos termos do art. 12] com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa” Ainda segundo o Código:

[...] quando houver necessidade de recomposição das Áreas Consolidadas em Áreas de Reserva Legal, poderá ser realizada plantio intercalado de espécies nativas com exóticas ou frutíferas, em sistema agroflorestal, desde que o plantio de espécies exóticas seja combinado com as espécies nativas de ocorrência regional e a área recomposta com espécies exóticas não exceda a 50% (cinquenta por cento) da área total a ser recuperada.

Ainda orienta que:

[...] os proprietários terão direito à sua exploração econômica e ainda que o manejo florestal sustentável da vegetação da Reserva Legal com propósito comercial, depende de autorização do órgão competente e não poderá descaracterizar a cobertura vegetal, não prejudicar a conservação da vegetação nativa da área; deverá assegurar a manutenção da diversidade das espécies e conduzir o manejo de espécies exóticas com a adoção de medidas que favoreçam a regeneração de espécies nativas.

²⁰ Lei 12.651, de 25 de maio de 2012

Visto isto, o QUADRO 02 - apresentado a seguir - enumera as características e proposições de modelagem de cada variável no que concerne a mapeamento:

Quadro 02 – Características e proposições para cada variável de interesse – Minas Gerais

	Variável	Raster ou Vetor	Principais campos da tabela que caracterizam a variável	Fonte da variável	Data da informação	Resolução Mínima aceitável	Resolução Máxima aceitável
ÁREA DE PLANEJAMENTO	Contorno de MG	Vetor	-	Zoneamento Ecológico Econômico – MG*	Não informado	250 m	10 Km
	Municípios	Vetor – polígono	NM_MUNICIP		Não informada, contudo não é essencial para o objeto de investigação	250 m	10 Km
	Bacia Hidrográfica	Vetor-Linha	NORIOCOMP		250 m	10 Km	
CLIMA	Precipitação	Vetor polígono	DESCRIÇÃO		(1961-1990)	250 m	10 Km
	Índice de umidade	Vetor polígono	DESCRIÇÃO			250 m	10 Km
	Temperatura média	Vetor polígono	DESCRIÇÃO			(1961-1990)	250 m

	Balço Hídrico	Vetor polígono	DESCRIÇÃO			250 m	10 Km
CONSERVAÇÃO / RECUPERAÇÃO	Áreas prioritárias para Conservação	Vetor polígono	DESCRIÇÃO (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta)	Zoneamento Ecológico Econômico – MG*	Não informada	250 m	10 Km
	Áreas prioritárias para Recuperação	Vetor polígono	DESCRIÇÃO (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta)		Não informada	250 m	10 Km
	Pedologia	Vetor	NOVO NOME (Tipo do solo)	Universidade Federal de Viçosa (UFV) Universidade Federal de Lavras Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM)	2010	250 m	10 km

RESTRICÇÕES AMBIENTAIS	Declive	Vetor polígono	DESCRIÇÃO (Forte ondulado, montanhoso ou escarpado, ondulado e plano ou suave-ondulado)	Zoneamento Ecológico Econômico – MG*	Não informada	250 m	10 Km
	Unidades de conservação (UCs)	Vetor polígono	USO: (proteção integral ou Uso Sustentável)		Não informada	250 m	10 Km

Fonte: Elaborada pela autora, 2013.

*Dados coletados e disponíveis no ZEE-MG. Disponível em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee>. Acesso em: 26 mai. 2014. Fonte não discriminada.

Observação: todas as variáveis foram transformadas em representação matricial.

2.3. Softwares utilizados

O *software* ArcGis foi selecionado para realização de todo procedimento do presente trabalho. Ele pertencente a empresa *ESRI - Environmental Systems Research Institute* -, que é uma *empresa* americana especializada na produção de soluções para a área de informações geográficas. O ArcGis é o *software* para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) mais vendido e usado no mundo. Através dele é possível tratar os dados, estabelecer Superfície Potencial de Distribuição do Fenômeno, aplicar o Método Multicritério e ainda avaliar o grau de incerteza dos resultados obtidos através do processamento do método SASE/Monte Carlo.

2.4. Descrição e tratamento dos dados e composição do Banco de Dados (BD)

A etapa de tratamento dos dados de cada variável, que consiste em unificar a resolução de todos os *rasters* – de acordo com aquele de pior resolução- é posterior à etapa de composição do Banco de Dados. As camadas de informação que estiverem disponíveis em vetor, isto é, em pontos, linhas e/ou polígonos, devem ser transformadas em *raster* e ter seus números de pixels, linhas e colunas uniformizadas com as demais. A fonte de cada variável deve ser checada e conhecida assim como a data das informações, haja visto, que o objetivo principal é realizar uma Análise de Multicritério para a busca de uma resposta mais aproximada possível da realidade naquele momento. Isto é, dependendo da variável, não é válido que sejam consideradas informações de dez anos atrás por exemplo, ao passo que em outras variáveis, o aspecto temporal pouco ou nada importa.

Com relação ao item “Resolução Máxima Aceitável” da tabela supraapresentada, descrita como igual a 10 km se deve ao fato do estado de MG apresentar largura aproximada a 1.000 km, em sua maior extensão sentido leste-oeste. Com 10 km de resolução máxima, é possível atender razoavelmente o objetivo da investigação em escala estadual.

A representação de todas as camadas de informações (*layers*), com exceção do “Contorno do estado de MG”, devem ser apresentadas em *raster*, em virtude da metodologia escolhida para realização da Análise de Multicritérios.

Após este procedimento, é preciso estabelecer, para cada variável, qual o processo que ela deve se submeter para ser transformada em Superfície Potencial de Distribuição do Fenômeno, isto é, cada unidade territorial de integração (ou pixel) da investigação deve receber um valor de acordo com as características mais fortes presentes naquela localização.

Salienta-se que o BD é composto por todas as variáveis descritas no subitem “2.2. Seleção de variáveis”.

Raster é a estrutura escolhida para a estruturação dos dados, por ser mais orientado para a posição enquanto as estruturas vetoriais são mais orientadas para o tema. No *raster*, armazenam-se características associadas a localizações, enquanto no vetor registram-se localizações associadas a características.

Trabalhar em formato *raster* para promover (por diferentes modelos de análise espacial) a combinação de matrizes, significa desenvolver formas de espacializar as variáveis em “superfícies potenciais” de distribuição da ocorrência ou fenômeno de interesse.

Assim sendo, são apresentados na TAB. 4 os ajustes necessários para realização da análise de interesse na escala de Estado.

Tabela 4 – Ajustes necessários para Análise Multicritério no software ArcGis.

Variável	Ajustes necessários para transformação em Superfície Potencial de Distribuição do Fenômeno	Etapa
Precipitação média	Dado disponível em vetor → transformação em <i>raster</i> → atribuição de pesos	Favoráveis para Multicritério no Estado
Temperatura média	Dado disponível em vetor → transformação em <i>raster</i> → atribuição de pesos	
Pedologia	Dado disponível em vetor na escala 1:600.000 → transformação em <i>raster</i> → seleção das classes de interesse → atribuição de peso	
Áreas prioritárias para recuperação	Dado disponível em vetor → transformação em <i>raster</i> → atribuição de pesos	
UCs	Dado disponível em vetor → transformação em <i>raster</i> → seleção das UCs de Proteção Integral → Aplicação do <i>Raster Calculator</i> para exclusão destas áreas do mapa de MG	Restritivas para Multicritério no Estado
Áreas prioritárias para conservação	Dado disponível em vetor → seleção das áreas com Alta e Muito Alta Prioridade para Conservação → elaboração de nova layer (apenas com essa informação) → transformação em <i>raster</i> . → atribuição de pesos	
Declividade	Dado disponível em vetor → transformação em <i>raster</i> (reclassificado em 3 classes de declive) → criação de nova layer com apenas áreas acima de 45° de declividade para promover a restrição	
Contorno MG	Dado disponível em vetor	
Municípios	Dado disponível em vetor → transformação em <i>raster</i>	
Bacia Hidrográfica	Dado disponível em vetor → transformação em <i>raster</i> → aplicação de <i>buffer</i>	Utilizada apenas no Estudo de caso
Contorno município do Carmo do Paranaíba	Extração do município em relação ao Estado → Transformação em <i>raster</i> e os mesmos procedimentos realizados para o Estado, porém para o município.	

Para definição da resolução de trabalho para realização da Análise Multicritérios, foi levada em consideração a acuidade visual, isto é, a capacidade do olho humano de distinguir até 0,2 mm sem nenhum tipo de lente. Tal acuidade ultrapassa os padrões estabelecidos pela PEC (já citada neste capítulo).

Assim, é possível obter a escala em função da resolução espacial:

$$Escala = \frac{Resolução}{0,0002} \quad ou \quad Resolução = Escala \times 0,0002 \quad (1)$$

Considerando essa fórmula e a proposta do presente trabalho, ratifica-se que as imagens possuem 250 m de resolução. Logo, tem-se que:

$$\text{Escala} = 250 / 0,0002 \quad \rightarrow \quad \text{Escala} = 1:1.250.000.$$

Essa resolução de 250 m se aplica para escalas em torno de 1: 1.000.000 ou de menor detalhe e seu uso se justifica pelo tamanho da área de estudo. Minas Gerais possui aproximadamente 600.000 km².²¹

Para esta escala, o que pretende-se é uma visão geral e simplificada do objetivo, o que significa redução do número de detalhes e portanto de processamento de dados.

Uma vez estabelecida a ideia geral de áreas favoráveis para o cultivo da espécie no Estado é preciso realizar análise detalhada da área de interesse em microescala.

2.5. Construção do modelo

A Análise Multicritério é um procedimento demasiado utilizado em geoprocessamento por se basear na lógica da construção de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que implica a seleção das principais variáveis que caracterizam um determinado fenômeno, considerando a simplificação da complexidade espacial, organização dos dados em diferentes camadas de informação, discretização dos planos de informação, isto é, adequação dos dados em resoluções espaciais no que se refere as fontes de dado e também aos objetivos da pesquisa, realização da álgebra de mapas para combinação das camadas de forma a traduzir a complexidade da realidade, possibilitando validar e calibrar o sistema mediante identificação e correção das relações obtidas (MOURA, 2007).

Através do ensejo da Análise Ambiental e suas ferramentas, optou-se pela elaboração de modelo que envolvesse a Análise Multicritério, Método Delphi

²¹ Dado publicado pelo Instituto de Geociências (IGA)

(Knowledge-Driven Evaluation) e Análise de Sensibilidade da Resposta com o intuito de verificar, no Estado de Minas Gerais, quais as áreas mais ou menos favoráveis para o cultivo de uma espécie em que a autora tem interesse.

Nesse sentido, segundo MOURA, (2012)²²:

“a complexidade em trabalhar com análise ambiental está, justamente, na capacidade de se perceber as constantes mudanças espaço-temporais e o valor relativo (e não absoluto) das diferentes variáveis que compõem o sistema. Uma realidade percebida aqui e agora não é mais percebida em um momento seguinte ou em outro espaço. Além disso, a distribuição das ocorrências não é homogênea, mas condicionada por rugosidades da composição social e territorial”.

E, completando,

“Por mais que os encantos da técnica nos seduzam e nos levem a acreditar numa realidade virtual modelada pelo Geoprocessamento, há de se destacar a importância do embasamento conceitual que fornece os pilares para a geração dos modelos de análise”.

O modelo selecionado para elaboração deste trabalho envolve a avaliação pela média ponderada, e embora simplista, trata-se de uma abordagem continuamente utilizada, com sucesso, por cientistas e estudiosos em avaliações ambientais realizadas (XAVIER-DA-SILVA, 2001). Este método possibilita estimar a ocorrência de eventos ambientais. A formulação básica de tal medida, para fins de avaliações multi-classificatórias de uma situação ambiental, como no caso da seleção de áreas favoráveis para o cultivo da *K. ivorensis* é apresentada a seguir:

$$A_{ij} = \sum_{K=1}^n (P_k \times N_k) \quad (2)$$

Em que:

²² Notas de aula da pós-graduação no programa Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais – UFMG, (2014).

A_{ij} = média ponderada a ser atribuída a cada unidade de resolução espacial;

P_k = peso atribuído ao plano de informação K;

N_k = valor representativo (nota) de uma classe do plano de informação K; n

= número de planos de informação envolvidos.

K = plano de informação (*layer*)

Com a aplicação deste modelo, espera-se obter a possibilidade de ocorrência de um evento que seja causado pela atuação convergente dos parâmetros ambientais nela considerados.

Os dados envolvidos na avaliação empreendida podem ser lançados em uma escala ordinal de 0 e 10 ou de 0 a 100 ou qualquer outro intervalo pré-estabelecido, desde que seja gerada uma amplitude de variação suficiente para considerar com maior acuidade a variabilidade das estimativas a serem realizadas (XAVIER-DA-SILVA, 2001).

Para atribuição de notas e pesos das diversas camadas utilizadas para realização da Análise Multicritério, as informações foram atribuídas por pessoas envolvidas diretamente com plantio da espécie no Estado de Minas Gerais, atribuindo um caráter de *Knowledge-Driven Evaluation* à pesquisa, anteriormente descrito.

Este modelo é indicado para quaisquer casos em que se necessite tomar uma decisão. Um exemplo é quanto a decisão de comprar ou não uma determinada terra. É possível atribuir pesos e notas para as variáveis de interesse bem como para seus componentes de legenda e com o resultado definir se é lucrativo ou não efetuar a transação proposta (XAVIER-DA-SILVA, 2001).

Este foi exatamente o passo tomado para realização da avaliação quanto às favorabilidades do cultivo da *K. ivorensis*. Para tanto, foi necessário construir uma função de pertinência, que pode ser dada através do método Delphi ou consulta direta a especialistas (*experts*).

Este método propicia a obtenção dos pesos e notas por meio de um grupo multidisciplinar de especialistas, que conheçam bem o fenômeno e melhor ainda se conhecerem bem a realidade espacial onde ele se localiza (MOURA, 2007).

A técnica ou método Delphi pode ser guiado pelos passos enumerados (HAUGHEY, 2010) a seguir:

- Escolha do facilitador
- Identificação dos “*experts*”
- Definição do problema
- Lançamento da primeira rodada de perguntas
- Lançamento da segunda rodada de perguntas
- Lançamento da terceira e última rodada de perguntas □ Tomada de decisão

Seguindo tal guia, foi aplicada a técnica que busca uma resposta guiada pelo conhecimento.

O facilitador ou facilitadora foi a própria autora do trabalho, a maior interessada em buscar uma resposta para sua inquietude referente a lugares favoráveis para o plantio da *K. ivorensis* no Estado MG.

Coube a ela estabelecer - através de pesquisas bibliográficas, curso e trabalhos de campo- as variáveis essenciais para o cultivo bem sucedido da espécie considerando o aspecto inerente a sustentabilidade.

Uma vez estabelecidas tais variáveis, a saber: temperatura média, pedologia, precipitação e áreas prioritárias para recuperação, foi então identificado os “*experts*” que aceitaram participar da pesquisa. Entende-se como “*experts*”, aqueles que têm pesquisas e experimentos desenvolvidos na área de interesse, bem como aqueles que plantam e cultivam a espécie no Estado.

É preciso ter clareza quanto a problematização do tema, da inquietude ou o que o facilitador pretende buscar. Assim, após aceite verbal de participação dos *experts* na pesquisa, foi elaborado um texto explicativo que abordava não só o tema mas também a metodologia do trabalho. Este texto bem como os

questionários referentes as três rodadas de perguntas, podem ser visualizadas no Apêndice I.

E nesta etapa, os *experts* reafirmavam seus aceites de participação. Uma vez explicado e entendido o procedimento, é aplicada a primeira rodada de perguntas. Salienta-se que todo processo se deu através de via digital, o que garantiu economia de tempo, dinheiro e encurtou distâncias. Nesta primeira etapa, foram atribuídas apenas duas questões que objetivaram, de forma concisa, facilitar o alinhamento de opiniões a respeito do assunto.

A partir destas respostas, constatou-se que as variáveis indicadas no princípio, realmente eram as de importância categórica para o trabalho. No entanto, entre os especialistas, houve um que acrescentaria a variável “insolação”, o que será devidamente discutido em item pertinente.

Deu-se início a aplicação da segunda rodada de perguntas. Desta vez, aprofundou-se no tema e solicitou-se que os “*experts*” estabelecessem, para cada variável, um peso (de importância referente ao objeto de pesquisa) de 0 a 100 (de maneira que o somatório de todas variáveis equivalesse a 100) e ainda que atribuíssem notas de 0 a 100 para os componentes de legenda dessas variáveis de acordo com suas afinidades para com o objeto da pesquisa. Nesta etapa é realizada a convergência de opiniões de modo que sejam calculadas a média, variância e desvio padrão das variáveis.

Finalizada a segunda rodada, aplicou-se a terceira e última. Nesta, enviam-se aos *experts*, os resultados de média, desvio padrão e variância calculados, considerando as respostas de todos eles. Essa ação tem o intuito de permitir que os especialistas repensem os valores atribuídos por eles e considerem aspectos talvez não pensados anteriormente. Assim, eles confirmam ou modificam seus pesos e notas e assim finaliza-se o processo de decisão.

De modo a estreitar a compreensão da metodologia, apresenta-se adiante a denominada “Árvore de Decisões” já mencionada. Nela é possível visualizar todas as variáveis consideradas com seus pesos médios (de importância) e seus respectivos componentes de legenda com suas notas médias (XAVIERDA-SILVA, 2001).

Antes da apresentação da árvore de decisões, salienta-se que tanto os pesos quanto as notas são rebatidas sobre o espaço geográfico, convenientemente discretizados (no caso em células de 250 m) e são apresentados em forma de mapa (produto final do trabalho). O resultado a ser obtido informará a decisão considerando todas as possibilidades da área de MG, inclusive quanto a localização e extensão territorial das áreas ditas muito favoráveis, pouco favoráveis, mediantemente favoráveis e assim por diante.

Os pesos atribuídos objetivaram responder a seguinte questão: Qual a importância relativa, em percentual, atribuível a este parâmetro ambiental, como controlador da possibilidade de ocorrência do evento de interesse?

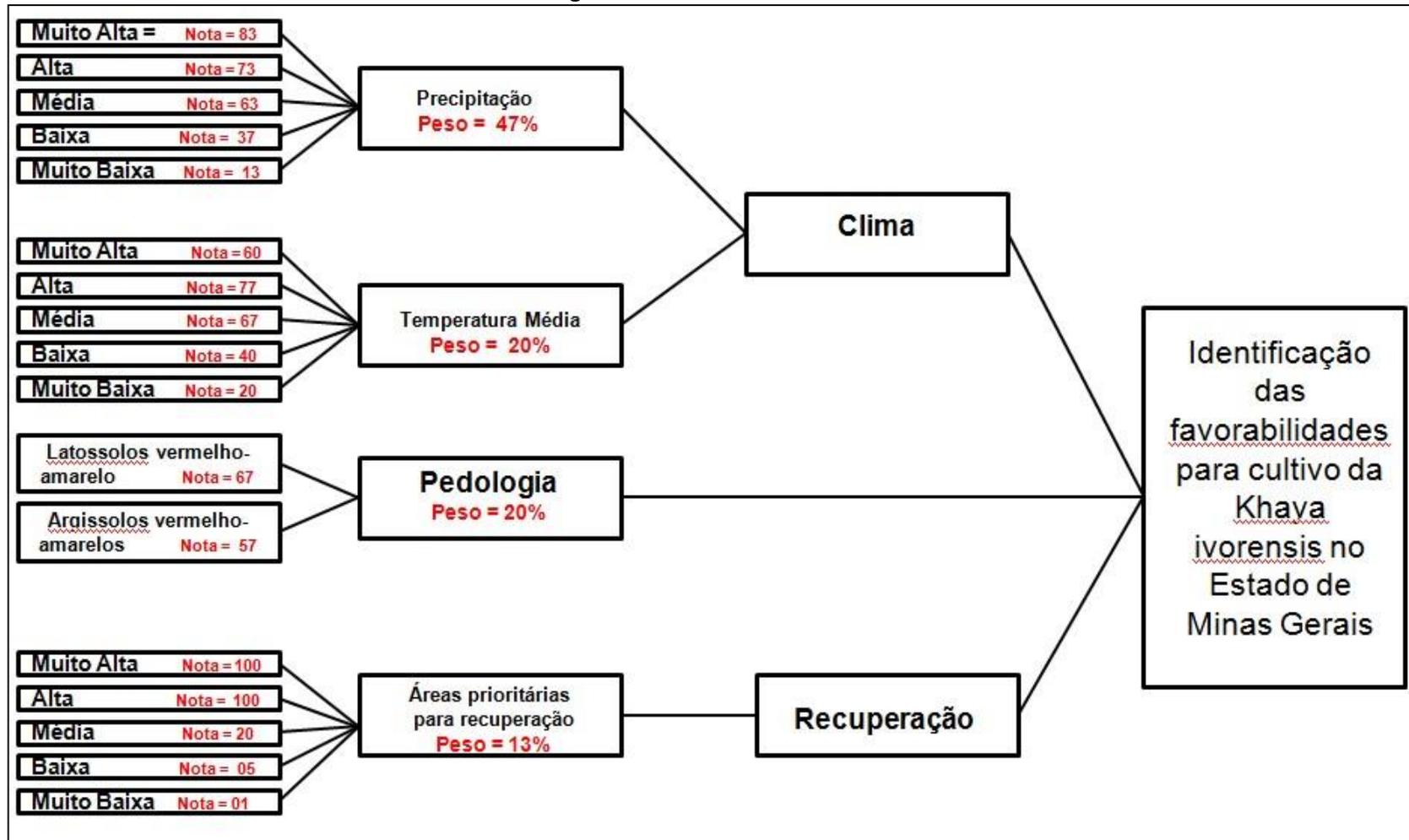
Ao passo que as notas atribuídas aos componentes de legenda objetivaram responder: Qual a possibilidade, em uma escala de 0 a 100, da ocorrência desta classe em associação territorial com o evento (alta favorabilidade do plantio da *K. ivorensis*)?

Ressalta-se que um dos maiores méritos do uso da média ponderada encontra-se na sua semelhança com o raciocínio avaliativo baseado no bom senso, tal como praticados em julgamentos do cotidiano (XAVIER-DA-SILVA, 2001).

A árvore de decisões apresentada a seguir (FIG 11) ilustra os pesos e notas atribuídos pelos especialistas para composição da resposta esperada.

Em seguida, são apresentadas (QUADRO 03) as variáveis de restrição com as respectivas justificativas.

Figura 12 - Árvore de Decisões



Fonte: A autora, com pesos e notas atribuídos por *experts* através do Método Delphi.

Quadro 03 – Variáveis de restrição com respectivas justificativas

Assunto	Variável	Componentes de legenda	Justificativa
Conservação	Áreas prioritárias para Conservação	-	Essas áreas precisam ser conservadas. Assim, ainda que algumas áreas possam parecer ótimas para o cultivo da <i>K. ivorensis</i> mas se estiver contida em áreas de conservação, serão automaticamente excluídas.
Restrições Ambientais	Declividade (APP)	0-25%	Podem ser cultivadas.
		25 – 45%	Podem ser plantados, desde que com manejo florestal sustentável, nos termos da Lei.
		> 45%	ÁPP – proibido plantio
	Bacia Hidrográfica	-	APP de rio (faixa de APP dependerá da largura do rio)
	UC's	Uso Sustentável	Podem ser plantados desde que em comum acordo com os Planos de Manejos das UCs que convier.
Proteção Integral		Proibido plantio.	

Uma vez aplicada o método Delphi para produção do Mapa de Favorabilidades, de locais que possuem maior concentração ponderada das características desejadas e realizada a álgebra de mapas através da análise multicritério é realizada então a Análise de Sensibilidade (*Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation - SASE*) através da ferramenta Monte Carlo. Tal análise complementa a Análise Multicritério para medir e promover a visualização do grau de certeza e incerteza que existem nos resultados produzidos (MOURA et al, 2014).

Esta técnica permite a obtenção de quatro cenários distintos: lugar favorável para ocorrência do fenômeno com baixo grau de incerteza da resposta obtida como resultado, lugar favorável para ocorrência do fenômeno com alto grau de incerteza da resposta obtida, lugar não favorável para ocorrência do fenômeno com baixo grau de incerteza da resposta obtida com o resultado e lugar não

favorável para ocorrência do fenômeno com alto grau de incerteza na resposta obtida pelo resultado.

Através da ferramenta desenvolvida pelos professores Jankowski e LigmannZielinska é possível promover a combinação multicritério em camadas vetoriais. Assim, é preciso transformar todas as camadas já dispostas em *raster*, em vetores. Deve-se então gerar uma camada de pontos que representam as células dos *rasters*.

Salienta-se que no método ao qual faz-se menção – Monte Carlo – é preciso organizar todas as informações das variáveis em colunas de uma tabela associada aos pontos com valores apresentando de 0 a 1, o que significa que as camadas anteriormente disponíveis em *raster*, agora estão em vetor, porém já transformadas em Superfície Potencial de Distribuição dos Fenômenos ou ocorrência.

Para avaliação do grau de incerteza da resposta, com intuito de apoiar a tomada de decisão orientada pelo método anteriormente aplicado – Análise Multicritério-aplica-se o Monte Carlo, que consiste em simular diferentes possíveis pesos para as variáveis, dentro de limites de máximos e mínimos em uma faixa de valores.

Após atribuição de pesos e notas, calcula-se a média dos valores de todos os especialistas, em seguida, calcula-se a variância através da fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum (Y_i - \text{média})^2 \quad (3)$$

E por fim, calcula-se o desvio padrão:

$$\text{DESVIO PADRÃO} = \sqrt{\text{Variância}} \quad (4)$$

Utiliza-se a ferramenta "*Monte Carlo Weighted Sum*" no pacote "*Multicriteria Evaluation for Discrete Set of Options*", no item "*Uncertainty and Sensitivity Analysis*" – não pertencente ao pacote original do ArcGis porém cortesia do Professor Jamkosvki à UFMG. O peso atribuído a cada variável deve ser informado bem como os valores que compõem o "*Minimum Weighted String*" (relação de valores mínimos para a simulação, em lista de acordo com as variáveis) e o "*Maximum Weighted String*" (relação de valores máximos).

É apresentada a seguir TAB 05, com os referidos valores:

Tabela 5 – Variáveis com respectivos pesos, mínimos e máximos.

Variável	Peso	Mínimo	Máximo
Precipitação	47	41,2	52,8
Pedologia	20	10	30
Temperatura	20	10	30
Áreas prioritárias para recuperação	13	7,2	18,8

Fonte: Atribuições dos *experts*, 2015.

Para avaliação da confiabilidade dos resultados, pode ser feita comparação entre os resultados de Análise Multicritérios (ou AVG) e o nível de Incerteza pelo desvio padrão (STD) de forma simplificada, considerando apenas os valores máximos e mínimos conforme TAB 6 abaixo:

Tabela 6 – Matriz de combinação média (AVG) e desvio padrão (STD)

		Multicritério Resultados		
			Baixo Interesse	Alto interesse
Rank STD		Valores para combinação	0	1
	Baixa incerteza	0	0	1
	Alta incerteza	2	2	3

Fonte: MOURA et al., 2014.

A Matriz de combinação e a identificação das relações significa: 0 (alto STD, alto MC), 1 (baixo STD, alto MC), 2 (alto STD, baixo MC), 3 (baixo STD, baixo MC), que pode ser traduzido da seguinte maneira:

- 0 = lugar pouco ou não favorável para ocorrência do fenômeno com menor grau de incerteza da resposta obtida com o resultado.
- 1 = lugar favorável para ocorrência do fenômeno com menor grau de incerteza da resposta obtida como resultado (áreas ótimas)
- 2 = lugar pouco ou não favorável para ocorrência do fenômeno com alto grau de incerteza na resposta obtida pelo resultado, requer investigação.
- 3 = lugar favorável para ocorrência do fenômeno com alto grau de incerteza da resposta obtida, e, portanto, requer investigação.

O MAPA 2 (apresentado no item “3 - Resultados e Análises”) ilustra a situação exposta e mostra o resultado da Análise de Sensibilidade obtida através da Análise Multicritério resultante da aplicação do método Delphi.

a) Relevância das variáveis

A relevância de cada variável foi atribuída pelos especialistas e na ordem de importância estão: precipitação, pedologia, temperatura e áreas prioritárias para recuperação. O QUADRO 5 com as respectivas médias é apresentado a seguir:

Quadro 05 – Médias de Pesos e Notas atribuídos pelos experts através do Método Delphi

Plano de informação (variável)	Componentes de legenda	Notas dos
Precipitação Peso = 47	Muita Alta	83
	Alta	73
	Média	63
	Baixa	37
	Muito Baixa	13
Temperatura Peso = 20	Muito Alta	60
	Alta	77
	Média	67
	Baixa	40
	Muito Baixa	20
Pedologia Peso = 20	Latossolo Vermelho	67
	Argissolo Vermelho	57
Áreas Prioritárias para Recuperação Peso = 13	Muito Alta e Alta	100
	Média	20
	Baixa	5
	Muito Baixa	1

Fonte: A autora (base atribuições dos experts), 2015.

b) Índice de favorabilidade

O índice de favorabilidade para o cultivo da espécie é resultante da álgebra de mapas realizada tendo como base as avaliações de importância dos *experts* consultados.

Para o estado de Minas Gerais os valores de menos para mais importância variaram de 0 a 0,964912. O índice inserido no intervalo entre 0 e 1 se deve a normalização do processo anterior, na etapa de preparação dos dados para a formalização do modelo. Isso significa que quanto mais próximo do zero, menos favorável a área é para o cultivo bem sucedido da *K. ivorensis* e, quanto mais próximo do 1, melhor é a área para desenvolvimento da cultura.

O resultado final da Análise Multicritério, isto é, áreas favoráveis para o plantio e cultivo da *K. ivorensis* no Estado de MG é apresentada como MAPA 1 no item “Resultados e Análises” (p. 73).

Através de outras variáveis, foi possível agregar valor a esta análise. Foram acrescentadas ao Mapa 1, as variáveis: “declividades acima de 45° ou 100%” (MAPA 4 do APÊNDICE II), “áreas prioritárias para conservação (MAPA 5 do APÊNDICE II)” e “Unidades de Conservação de Proteção Integral” (MAPA 6 do APÊNDICE II), anteriormente enumeradas e explicadas, que resultou no MAPA 2 também apresentado no item “Resultados e Análises” (p. 74). O intuito deste procedimento está justamente em apresentar ao tomador de decisão, não só os locais ideais para o plantio da espécie, mas também os cuidados que devem ser tomados em termos técnico-ambientais e jurídicos. Isso é, onde o mapa apresentar manchas de quaisquer dessas variáveis, o tomador de decisão deve ficar atento e não plantar nas mesmas.

Ratifica-se que existem limitações nesta análise uma vez que não estão incluídas todas as variáveis de restrição. Um exemplo é apresentação das áreas de Reserva Legal em áreas rurais. Elas não estão representadas no Mapa 1 e portanto, podem estar abaixo das áreas cuja favorabilidade apareceu como sendo excelente, por exemplo.

c) Estabelecimento do grau de certeza e/ou incerteza dos resultados obtidos

Para estabelecimento dos graus de certeza foi preciso realizar uma série de adequações de cunho computacionais e o resultado obtido pode ser visualizado no MAPA 3 do item “Resultados e Análises” (p. 76). Enquanto as áreas em verde escuro representam as áreas ótimas para o cultivo da *K. ivorensis* (pois possuem baixo grau de incerteza para resposta), aquelas em verde claro representam áreas teoricamente ótimas porém exigem uma investigação em virtude da alto grau de incerteza na resposta. Isso se deve ao alto grau de variabilidade do comportamento das variáveis avaliadas naquelas áreas. As áreas em laranja escuro também são essenciais para tomada de decisão uma vez que não representam áreas ótimas (e possuem baixo grau de incerteza nas respostas obtidas). Por fim, as áreas em laranja claro representam aquelas “não-ótimas”, porém exigem investigação por se ter obtido alto grau de incerteza na resposta. Isso complementa a Análise Multicritério, porém corrobora para necessidade de investigação mais criteriosa em virtude especialmente, da escala de poucos detalhes para o Estado todo de Minas Gerais.

2.6. Consistências e Fragilidades do modelo

É importante salientar que existem fragilidades no modelo, apesar do cuidado com sua consistência e outros aspectos de abrangência e limitações envolvidos no presente trabalho, tais como, a escala de trabalho para o Estado de Minas Gerais x resolução de camadas, a indisponibilidade de dados de maior resolução em bancos de dados gratuitos, a inexistência de da variável “insolação” em base de dados e o abandono e/ou não aceitação de participantes na aplicação do Método Delphi, doravante detalhados:

Segundo a Lei Federal 12.651 de 2012, Área de Preservação Permanente – APP é:

“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humana”.

Em seu Art 4º estabelece as APPs como sendo:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;*
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;*
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;*
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;*
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;*

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;*
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;*

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Visto isso e considerando a escala de trabalho para o estado de Minas Gerais bem como as camadas das variáveis disponíveis para esta área de trabalho, verifica-se que em se tratando de estabelecimento de restrições para áreas favoráveis para o cultivo da *K. ivorensis*, o modelo apresenta limitações, o que ocorre em virtude das diversas tipologias de APPs. Para o mapa final de favorabilidades no Estado, foram consideradas apenas APP de declividade e as justificativas para não consideração das demais se encontram no QUADRO 06, a seguir:

Quadro 06 – Tipologias de APPs e justificativas para seu não uso no modelo explicitado

Tipologia de APP	Justificativa para não utilização no modelo
Curso d'água	As APPs de curso d'água podem variar de 30 a 500 metros em virtude da largura do mesmo. É inviável – numa escala de Estado – estabelecer tais APPs (<i>buffer</i>).
Reservatório d'água artificial	Não há banco de dados que contenha essa informação para escala estadual.
Nascentes	
Restingas	
Manguezais	Não existência da tipologia no Estado.
Bordas de tabuleiro ou chapas	Não há banco de dados que contenha essa informação para escala estadual.
Topo de morro	Banco de dados existente para escala é ineficiente para apresentação a um tomador de decisão.
Altitude	
Veredas	Não há banco de dados que contenha essa informação para escala estadual.

Esta limitação, no entanto, não inviabiliza o resultado e tão pouco a tomada de decisão. O que se orienta, é que seja feito um estudo detalhado da área de interesse e verificação das variáveis limitantes e que não podem ser contempladas em escala estadual por questões geográficas.

Outra fragilidade que deve ser levada em conta refere-se à escala de trabalho. Conforme já descrito, a escala de trabalho selecionada foi a 1:1.250.000, o que significa uma resolução de 250 m. Resolução esta, razoável para a escala de Estado. No entanto, o mapa de solos utilizado, por exemplo, possui escala 1:600.000, o que implicaria numa resolução de 120 m. Porém, deve-se prevalecer a pior resolução para realização da álgebra de mapas. Assim sendo, utilizou-se a resolução de 250 m para todo o procedimento. Esta escala, contudo, é ineficaz para análise em escala municipal, por exemplo. Isto posto, deve-se optar pela utilização de escalas com maior riqueza de detalhes, para análises locais e/ou municipais.

Quanto à pedologia, foram usadas somente as classes latossolos vermelho-amarelos e os argissolos vermelho-amarelos para atribuição de pesos pelos *experts* – para composição do resultado de favorabilidades – conforme descrito ao longo do texto, em virtude das citações encontradas em bibliografias brasileiras. Assim, analogamente, no processo, é como se as demais classes de solo (FEAM, 2010) tivessem sido desconsideradas e/ou recebidos nota 0, o que implica diretamente no resultado final da análise.

Importante também esclarecer que outras classes de solo, bem como características específicas, como, capacidade de retenção, profundidade, granulometria, entre outras, não consideradas neste trabalho, podem interferir fortemente em relação à identificação de situações favoráveis para o cultivo da *K. Ivorensis*, o que, conseqüentemente, podem provocar resultados um pouco diferentes dos aqui obtidos. Tal fragilidade é inevitável, no entanto, já que dados tais como as características citadas não estão disponíveis tampouco as demais classes de solos poderiam ter sido consideradas uma vez que não há citações em fontes brasileiras nem pesquisas direcionadas a *experts* no assunto para este assunto especificamente.

Há também o fato da variável “insolação” não estar inserida no modelo. Embora ainda não se tenha intervalos de favorabilidades para tal variável em bibliografias

publicadas, sabe-se²³ que tal variável é essencial para o bom desenvolvimento da planta.

Outra consideração a ser feita refere-se à aplicação do método Monte Carlo, e que não chega a ser uma fragilidade, mas é uma ressalva importante – já citada – para quem queira reaplicar o modelo é que a ferramenta não trabalha com camadas em *raster*. Por conseguinte, as camadas que já estavam em *raster*, devem ser transformadas em vetor e receberem valores entre 0 e 1 apenas. Caso algum valor exceda 1, deve ser substituído pelo valor 1 (MOURA, 2014).

Por fim, e tão importante quanto às demais considerações, aborda-se a questão da quantidade de especialistas participantes na aplicação do Método Delphi.

Em Moura (2007), a definição do número de especialistas a serem consultados, segundo estudos do IEA-USP indicam, a partir de referências de Vichas (1982, apud IEA-USP, 2004), que eles podem ser entre 15 e 30 pessoas.

No entanto, Alvarenga (2008) afirma que “[...] *É de realçar que não existe um número predefinido em relação à quantidade de peritos que deve participar em todo o processo, dependendo este do tipo de problema a ser tratado e da população passível de ser consultada*”.

A princípio, para este trabalho, foi realizado contato com sete especialistas, dos quais cinco se propuseram a participar da pesquisa. Destes, um não respondeu nem a primeira rodada, e outro respondeu apenas a primeira não dando continuidade ao procedimento.

Segundo Grisi; Britto (s.d.), o método Delphi é especialmente recomendável quando os dados não podem ser projetados para o futuro com segurança, em face de expectativa de mudanças estruturais nos fatores determinantes das tendências futuras, ou seja, quando há rupturas ou descontinuidades no ambiente ou no assunto específico que se pretende estudar.

²³ Segundo professor Antônio Lelis Pinheiro, 2015.

Tendo em vista a incipiência do assunto referente à favorabilidade de áreas para o cultivo da *K. ivorensis* no Brasil, vale-se desta informação para inferência quanto a importância da aplicabilidade do método, ainda que realizado por três *experts*. Ademais, as experiências empíricas do cultivo da espécie - relatados em bibliografias afins-, corroboram para o atestado de eficácia dos resultados obtidos pela aplicação do método.

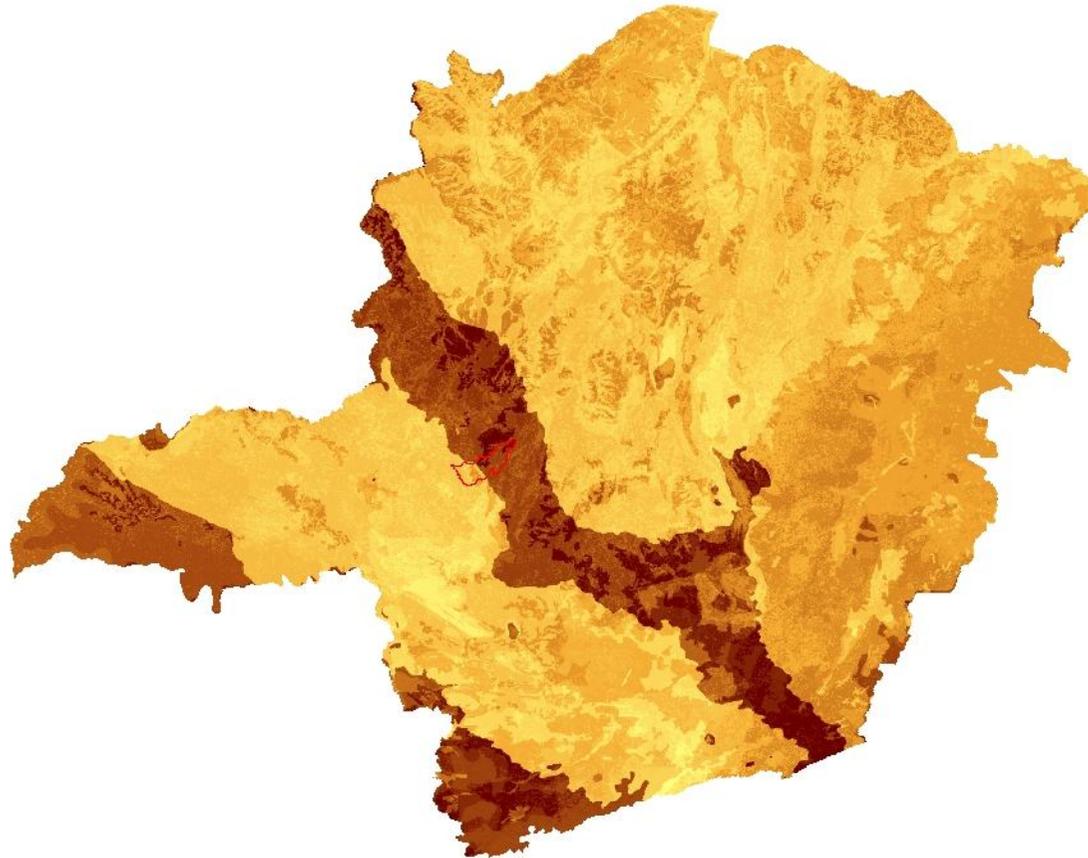
Além disso, Grisi; Britto (s.d.) afirmam que sem uma remuneração ou contrato, frequentemente implicam a desistência não anunciada de alguns participantes, sendo comum que, entre a primeira e a última rodadas, o abandono gire em torno de 50% dos participantes originais.

Estas considerações, entretanto, não chegam a comprometer a consistência e qualidade do método e dos resultados, uma vez que estes, numa verificação mais genérica em campo e corroborados por estudo de caso, demonstram um nível de pertinência que os validam, tanto resultados quanto método.

3. RESULTADOS E ANÁLISES

Num primeiro momento, quando da realização do trabalho em escala estadual levando em consideração apenas as variáveis favoráveis ao cultivo da *K. ivorensis*, em virtude dos pesos atribuídos pelos *experts* e as notas atribuídas também por eles, aos componentes de legenda, observou-se predominância das maiores favorabilidades -tons mais escuros, amarronzados- na porção oeste da região do Triângulo Mineiro, Sul de Minas e uma faixa abrangendo a região central do estado, noroeste, alto São Francisco e Zona da Mata se estendendo também ao oeste da região do Leste Mineiro. Já as menores favorabilidades, isto é, aquelas representadas em tons mais claros, prevalecem nas porções Norte e Jequitinhonha do Estado. O mapa final de favorabilidades para cultivo da *K. ivorensis* no Estado de Minas Gerais pode ser visualizado através do MAPA 1, a seguir, conforme anteriormente descrito.

Mapa de Favorabilidades para o Cultivo da *Khaya ivorensis* no Estado de Minas Gerais



Legenda

 Carmo do Paranaíba

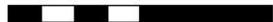
Favorabilidades para o Cultivo

Value

 Maior : 0,964912

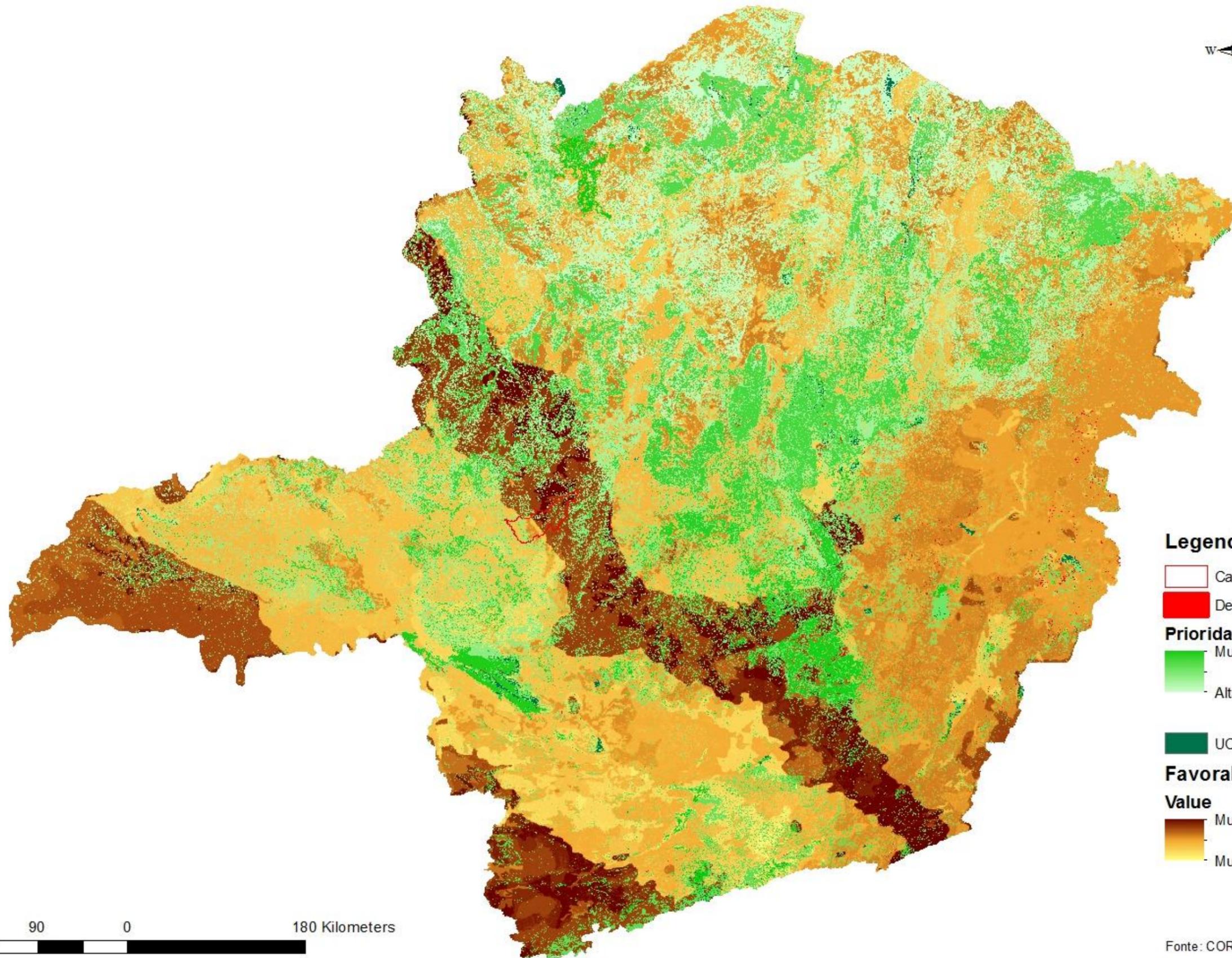
 Menor: 0

150 75 0 150 Kilometers



Fonte: CORREIA, L.G.B, 2015

Mapa Favorabilidades com restrições legais



Legenda

- Carmo do Paranaíba
- Declividade superior a 45°
- Prioridade de Conservação**
 - Muita Alta
 - Alta
- UCs de Proteção Integral
- Favorabilidades**
 - Value**
 - Muito Alta
 - Muito Baixa

180 90 0 180 Kilometers

Fonte: CORREIA, L.G.B., 2015

Por sua vez, cabe salientar que, embora as favorabilidades tenham sido resultado de uma análise consistente proveniente de aplicação do método Delphi por *experts* no assunto, a plasticidade, característica inquestionável da *K. ivorensis*, pode ser responsável pela explicação de plantios bem sucedidos ao longo de manchas com tons de amarelo mais claro no mapa (que indica menores favorabilidades), e isto, pode se dever tanto aos aspectos ecossistêmicos tais como diferenças de altitudes, índices de precipitação, temperatura, características físicas do solo, tais como profundidade, grau de umidade, entre outros, quanto aos aspectos técnicos e tratos agrícolas, tais como, correção do solo e irrigação. Exemplo claro dessa consideração, é a região de Pirapora e Corinto, que, no mapa, demonstra graus baixos de favorabilidade, ao passo que, nas diversas visitas de campo que foram feitas durante este trabalho, foram constatadas plantações saudias, bem adaptadas e desenvolvidas, em tudo pertinentes com os resultados esperados nos seus projetos.

Os resultados deste trabalho baseiam-se inclusive na discussão dos impactos ambientais da implantação da *K. ivorensis*, incorporando a presença dos três pilares da sustentabilidade na atividade, a saber: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental²⁴.

Contudo, os resultados deste trabalho sugerem que:

- Esta espécie pode ter um plantio comercial nas diferentes escalas e que atenda aos princípios da sustentabilidade ambiental, seja através de plantio para recuperação de áreas degradadas, para composição de Reservas legal, ou inserção no mercado de carbono e utilização da técnica de Sistemas Agroflorestais – SAFs;
- Pode-se evitar o aumento do desmatamento de florestas nativas – incluindo a preservação do mogno brasileiro existente - em geral utilizando-se áreas já

²⁴ Declaração de Johannesburgo, disponível em <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aTuPhABwH-MJ:www.mma.gov.br/estruturas/ai/ arquivos/decpol.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> . Acesso em: 22 mai. 2014.

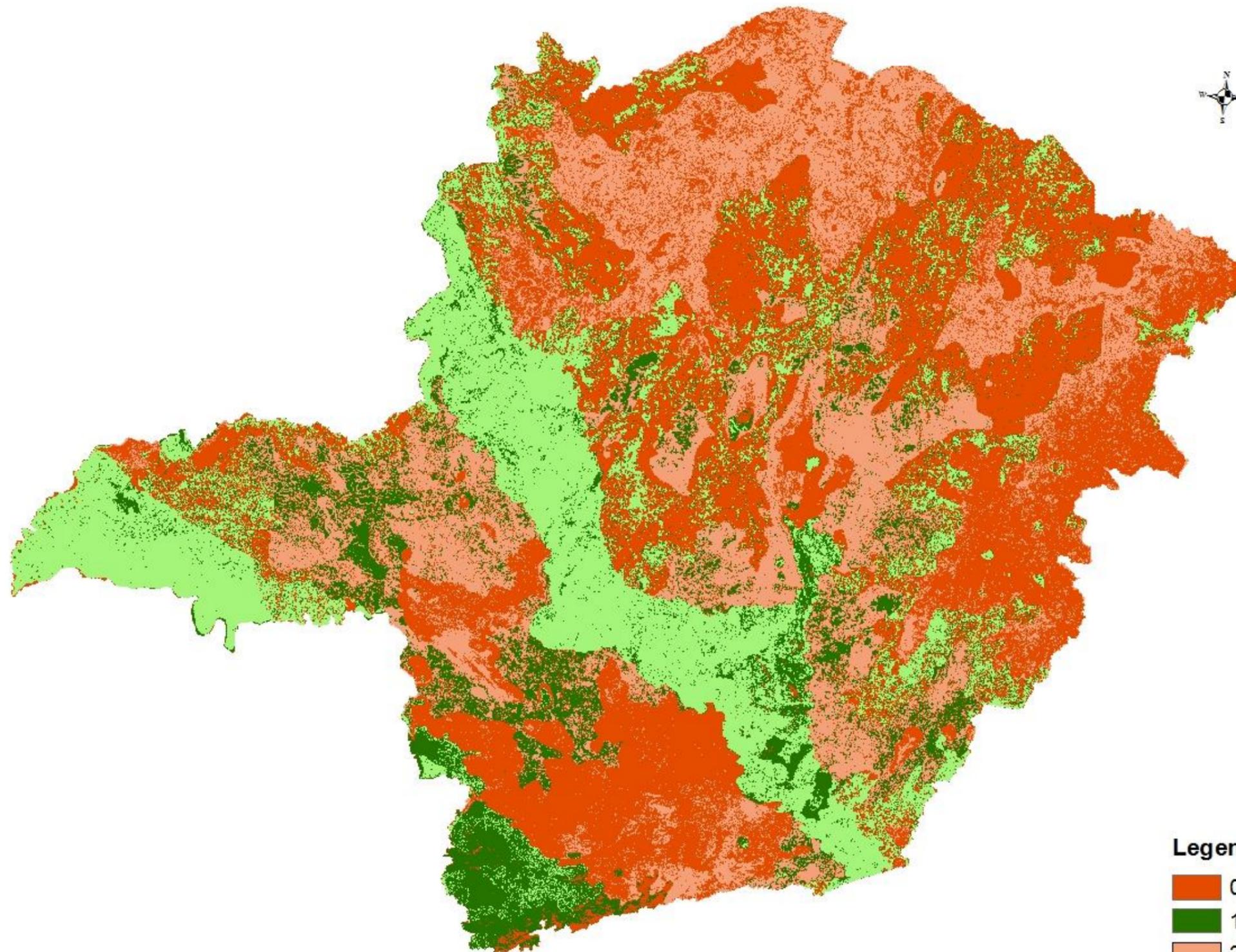
degradadas e/ou em desuso por outras culturas bem como recuperação de áreas de Reserva Legal;

- Pode contribuir para adiamento ou não ocorrência do “Apagão Florestal” (falta de madeira em quantidade suficiente para atender a demanda do mercado em determinado período de tempo).²⁵

A apuração de quão satisfatório o Método de Análise Multicritério - cujo objetivo é o de seleção de áreas ótimas física e legalmente para o cultivo sustentável do Mogno Africano (*K. ivorensis*), em sua forma mais complexa no que tange ao número de variáveis envolvidas – se deu através da aplicação do método *Sensitivity Analysis to Sustainability Evaluation (SASE)* por meio da ferramenta Monte Carlo no software ArcGis, em que o grau de certeza e/ou incerteza dos resultados foi obtido. Através do MAPA 2, a seguir, é possível visualizar quatro classes de resposta quanto a sensibilidade, quais sejam: baixo interesse e baixa incerteza, alto interesse e baixa incerteza, baixo interesse e alta incerteza e alto interesse e alta incerteza.

²⁵ Notas de curso promovido pelo Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), 2013.

Mapa de "Sensitivity Analysis to Sustainability Evaluation (SASE)"



Legenda

- 0_Baixo interesse e baixa incerteza
- 1_Alta interesse e baixa incerteza
- 2_Baixo interesse a alta incerteza
- 3_Alto interesse e alta incerteza

180 90 0 180 Kilometers

Fonte: CORREIA, L.G.B., 2015.

A classe de maior interesse no presente trabalho, são aquelas representadas pela cor verde escura, isto é, áreas em que alto interesse para o cultivo da espécie e o menor grau de incerteza da resposta. Essas áreas, considerando as variáveis aplicadas no modelo, podem ser ditas como ótimas para o cultivo da *K. ivorensis*, ao passo que as áreas em laranja escuro são áreas que pouco interessam haja visto o seu baixo interesse acompanhado com a baixa incerteza da resposta, isto é, nestas áreas provavelmente há baixa possibilidade de cultivo bem sucedido para a cultura de interesse.

As áreas hachuradas em laranja claro e verde claro requerem investigação pois, embora apresentem baixo interesse e alto interesse, respectivamente, ambas têm alto grau de incerteza. Tal investigação pode se dar através de reconhecimento *in loco* e estudos voltados para região em si.

Salienta-se que a Análise de Sensibilidade - assim como a Análise Multicritério- para o Estado com tamanha dimensão como o Estado de Minas Gerais deve ser utilizada como orientação e não como subsídio único para tomada de decisão, o que se deve unicamente pela resolução de trabalho para compatibilidade com a extensão geográfico do Estado todo.

Ratifica-se, no entanto, sua eficaz aplicabilidade quando da aplicação no Estado para orientação e noções gerais de aptidão da cultura (no caso do presente trabalho) e também em escalas que possuam maior riqueza de detalhes, como bairros de municípios, por exemplo.

A aplicabilidade do método para descobrimento de áreas ótimas para outros fenômenos de interesse também pôde ser verificada. Cabe salientar ainda, que esta metodologia bem como o modelo elaborado pode ter múltiplas aplicações, entre elas: definição de áreas mais adequadas para instalação de empreendimentos, análise de risco ambiental, análise de sensibilidade ambiental e planejamento de uso das terras.

Ainda com relação a Análise das favorabilidades do cultivo da cultura no Estado referente a Análise Multicritério, elaborou-se cenários hipotéticos distintos com

pesos hipotéticos, mantendo-se apenas as notas dos componentes de legenda. Tais hipóteses podem ser visualizadas no APÊNDICE III (MAPAS 7 a 11).

Sugere-se a realização de inferências quanto à agregação das demais variáveis bem como questões inerentes ao melhor custo-benefício quanto à compra de terra e plantio da espécie.

Por fim, ratifica-se o quanto é importante o método ser claro e aplicável em outros modelos. Além disso, uma questão crucial para avaliação de resultados obtidos relaciona-se com a qualidade dos dados utilizados.

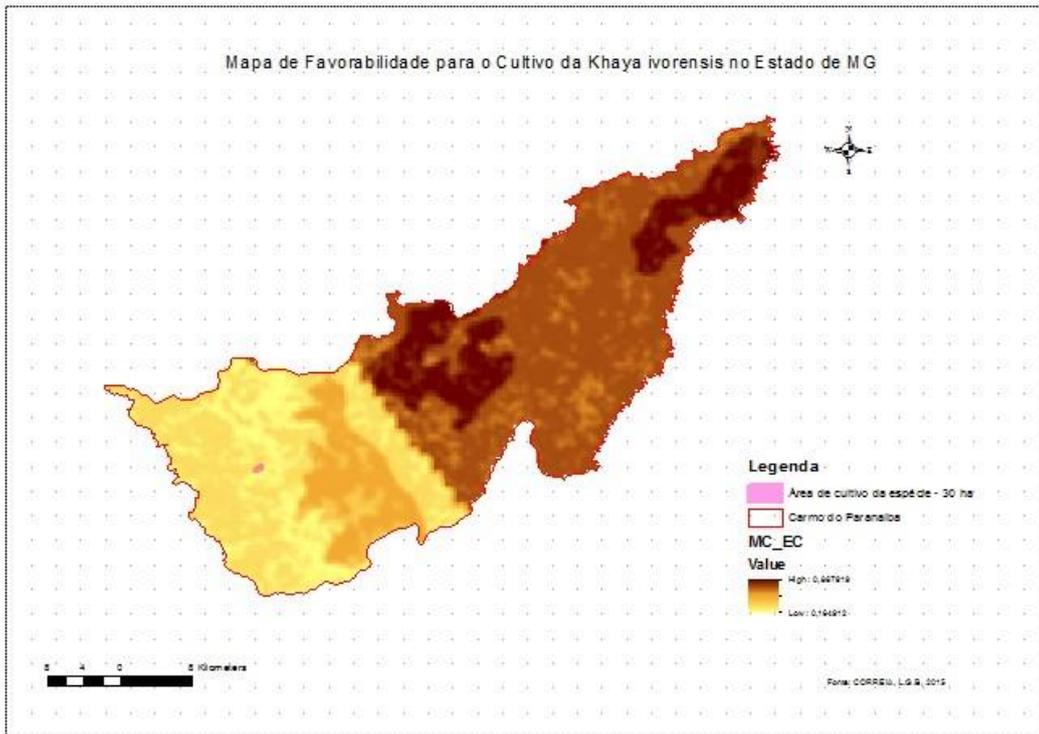
Através de todo procedimento realizado, é possível fornecer uma resposta concreta para o setor moveleiro, sociedade civil e órgãos ambientais competentes quanto aos locais onde estão as áreas favoráveis ou não para o cultivo da *K. ivorensis* e se naquela determinada região, não há impedimento legal ambiental para que ocorra. Por último, mas não menos importante, priorizar áreas onde já existam usos do solo, como agricultura e ou criação animal. Poder atestar a aplicabilidade do modelo para outras finalidades também é considerado um resultado alcançado.

4. ESTUDO DE CASO

A área hachurada em rosa (Latitude 18°59'25.91"S e Longitude 46°22'29.95"O), ilustrada na FIG. 12, é a área de plantio da espécie, denominada Fazenda das Almas, que se localiza no município do Carmo do Paranaíba, no Estado de Minas Gerais no Alto Paranaíba conforme FIG 13.

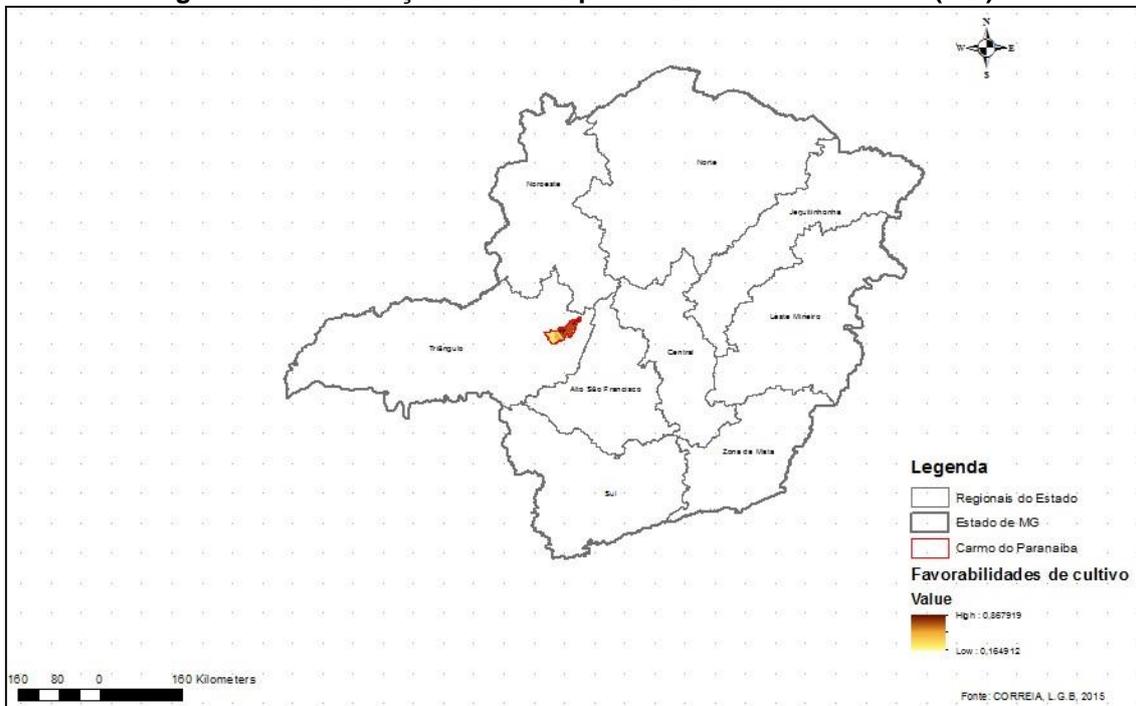
A seleção deste se deu pelo interesse da autora na região, como também pelas condições favoráveis de acessibilidade ao caso a ser estudado.

Figura 13 –Análise Multicritério no Município do Carmo do Paranaíba



Fonte: Autora, adaptado ZEE-MG, 2014.

Figura 14 - Localização do Município de Carmo do Paranaíba (MG)



Fonte: Adaptado de ZEE-MG, 2014.

Tal município foi habitado primeiramente por índios araxás, e em seguida por bandeirantes, que passavam por lá rumo aos garimpos de Abaeté e Paracatu. Francisco Antônio de Moraes e Elias de Deus Vieira, ao que tudo indica, fundaram o arraial após se unirem economicamente. A ocupação se deu pela procura do ouro e do índio para escraviza-lo. No entanto, foi a fertilidade da terra o principal motivo da ocupação e desenvolvimento da cidade. Em 2010, possuía população aproximada de 30.000 pessoas. Seu nome se deu em homenagem a Nossa Senhora do Carmo bem como por estar situado na Bacia do rio Paranaíba (IBGE, 2013).

A área do estudo de caso possui 30 ha e a cultura está plantada em dois espaçamentos distintos. São 20 ha de *K. ivorensis* plantadas no espaçamento 8 x 8 m enquanto os outros 10 ha são plantados no espaçamento de 6 x 6 m. No primeiro caso, existem 157 plantas por ha enquanto no segundo existem 277. As figuras subsequentes ilustram a referida área bem como o trabalho de campo realizado no mesmo.

Figura 15 - Terreno Estudo de Caso



Figura 16 -Terreno Estudo de Caso



Figura 17 – *K. ivorensis* 4 anos e 2 meses



Figura 18 – *K. ivorensis* anos meses e 2



Figura 19- Retirando amostra de solo



Figura 20 - Dados do plantio



O plantio foi efetuado em Novembro de 2010 e as plantas se encontram com altura média de 8 m e circunferência média de 50 cm, o que traduz um bom desenvolvimento da espécie. Não se trata de área irrigada, isto é, o desenvolvimento da planta se deve as variáveis estudadas neste trabalho e certamente das correções efetuadas no solo na fase de plantio através de adubo e outros. Despesas complementares abrangem compra de sementes, sacolas plásticas, mão-de-obra, serviço de coroamento, entre outros. Os tratos culturais incluem adubações de cobertura, dessecação, serviços de trincha e roçadeira. Todos estes, contratados no primeiro ano da implantação da cultura. Nos anos subsequentes se repetiu alguns destes investimentos e a partir de 2015, segundo proprietário da terra, somente terá gastos com a dessecação e nada mais.

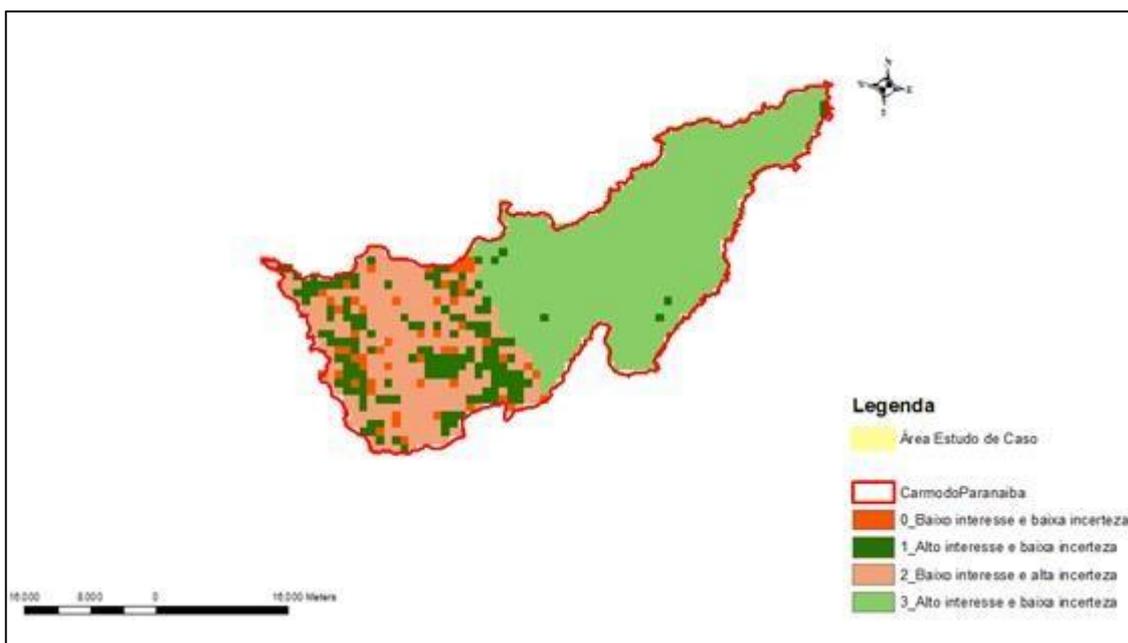
A princípio, buscava-se realizar a Análise Multicritério com as mesmas variáveis utilizadas para o Estado, porém com escalas adequadas para o município, o que significa em outras palavras, uma escala com maior riqueza de detalhes. Tal procedimento foi impossibilitado uma vez que não existe base de dados disponíveis neste nível de detalhamento. Assim sendo, o que se fez, foi o recorte do município com relação ao Estado. O resultado ali obtido foi descrito e interpretado.

Enquanto o Estado apresentou índices de favorabilidade entre 0 a 0,964912, o município apresentou índices entre 0,164912 e 0,867919. As áreas apresentadas na coloração mais escura têm maior favorabilidade para o cultivo bem sucedido da espécie considerando as variáveis utilizadas no processo de Análise Multicritério, quais sejam: precipitação, pedologia, temperatura e áreas prioritárias para recuperação.

No MAPA 1 – Análise Multicritério, assim como na FIG. 13, é possível verificar que a área do estudo de caso encontra-se em região de menor interesse para o cultivo da *K. ivorensis*. No entanto, através do MAPA 2 – SASE e FIG. 21 a seguir, é possível verificar que a mesma área encontra-se em área de baixo interesse, porém com alto grau de incerteza. Isso implicaria a necessidade de investigação. Uma vez realizada investigação, verificou-se que se trata de área

muito favorável para o cultivo da *K. ivorensis*. Isto significa que existe alguma outra variável ou outras variáveis importantes para tal comportamento ou ainda que as variáveis incluídas no modelo possuam comportamento bastante variado na região.

Figura 21 - SASE do Carmo do Paranaíba



Fonte: Adaptado de ZEE-MG, 2014.

Para complementar o procedimento metodológico quanto a realização do Estudo de Caso, foram acrescentados o reconhecimento da área *in loco*, seu mapeamento através de GPS e coleta de amostras de solo, que foram enviadas para laboratório devidamente certificado e suas características encontram-se no anexo (ANEXO I).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que existem limitações na análise realizada em virtude da não inclusão de todas as variáveis de restrição, sugere-se a análise cautelosa do terreno de interesse já tendo uma ideia do que plantar e onde plantar. É indicado

mapear o terreno de forma a mostrar todas as variáveis quanto possíveis para que não haja prejuízo econômico, social, ambiental e legal.

Há, porém, uma dificuldade considerável em encontrar tais dados disponíveis gratuitamente, sendo necessário muitas vezes, contratar um profissional habilitado para realização de tal procedimento através das ferramentas do geoprocessamento além de conhecimento técnico. O ponto positivo está relacionado a predição de investimentos e lucros, agregando demais variáveis econômicas, obviamente.

As fragilidades do modelo bem como as resoluções das camadas de informações do Estado disponíveis gratuitamente, de maneira geral, são bem relevantes uma vez que é mascarada uma série de áreas cuja declividade é superior a 45° e por tanto não aparecem no mapa de restrições, por exemplo.

No entanto, quando se visualiza um estudo particular em que foi feito um levantamento de topografia com resolução de 5 m por exemplo, surgem varias declividades inexistentes naquela camada cuja resolução era de 30 m.

Assim, reafirma-se a importância da observação da qualidade dos dados bem como conhecimento teórico do que se pretende fazer.

No que refere-se a Análise de Sensibilidade para obtenção de maior ou menor grau de certeza das respostas, ratifica-se que é realmente prudente utilizá-la com conhecimento de suas fragilidades em virtude da escala utilizada. Conforme já descrito, a área objeto de estudo, possui extensão geográfica bastante grande, o que dificulta o trabalho com altas qualidades na plataforma.

Não se pode deixar de explicitar, porém, o quanto esta ferramenta pode e deve ser útil para tomadas de decisões quando trabalhada em escala adequada.

A validação do modelo é essencial e pode ser feita de maneiras distintas e caso seja necessário, deve ser realizado a calibração do mesmo. No presente trabalho além da aplicação do método SASE, foi também realizado Estudo de Caso em área de 30 há no município de Carmo do Paranaíba, conforme descrito no subitem “2.7-Estudo de Caso”.

Este trabalho é requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. N. de. et al. Mercado de madeiras tropicais: substituição na demanda de exportação. In: ACTA Amazônica. [S.l.].2008. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v40n1/v40n1a15.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2013.

ALVARENGA, António.; CARVALHO, Paulo Soeiro.; ESCÁRIA, Susana - Delphi, método e aplicações [Em linha]. Lisboa: Departamento de prospectiva e planeamento e relações internacionais, 2007. [Consult. 13 Mar. 2010]. Disponível em [WWW::<URL:<http://www.dpp.pt/pages/files/Delphi.pdf>](http://www.dpp.pt/pages/files/Delphi.pdf).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MOGNO AFRICANO (ABPMA).

BARRETO, P et al, 2002. **Controle do desmatamento da exploração de madeira na Amazônia: diagnóstico e sugestões. Relatório Técnico do IMAZON - Versão preliminar para discussão.** MMA/PPG7/ProManejo. Belém. 36 pp. apud ALMEIDA, A. N. de et al. **Tropical sawnwood market: substitution export demand.** Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672010000100015>>. Acesso em: 07 de set. 2012.

BONHAM-CARTER, G. Geographic Information Systems for Geoscientists; modelling with GIS. Ottawa, Pergamon. 1994.
Bonham-Carter, G.F. [**GIS Methods for Integrating Exploration Data Sets.** Disponível em http://dmecc.ca/ex07dvd/Decennial%20Proceedings/Expl97/01_06_.pdf . Acesso em: 10 de out. 2013.

CARVALHO, L. G., et al., Clima. ZEE-MG. Disponível em: http://www.zee.mg.gov.br/pdf/componentes_geofisico_biotico/4clima.pdf. Acesso em 03 jun. 2014.

CHIMELI ARIASTER B; BOYD ROY G, 2009. **A ilegalidade do mercado e a oferta do mogno Brasileiro**. 47 p. Disponível em:
http://www.ufjf.br/seminarios_ppgea/files/2013/07/TD-012-2009_Chimeli_.pdf. Acesso em 10 abr. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Zoneamento Agroecológico do Dendezeiro para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro, Abril, 2010. Disponível em
<http://www.cnps.embrapa.br/zoneamento_dende/ZonDende.pdf>. Acesso em 05 set. 2012.

FALESI, I. C., BAENA, A. R. C. MOGNO-AFRICANO *Khaya ivorensis* A. Chev. Em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém, Pará, 1999. Disponível em:
http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7506/Documentos_04_1999.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 mai. 2014.

FEAM. **Banco de Solos de Minas Gerais**. 2010. Disponível em:
<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>. Acesso em: 02 mai. 2014

FREITAS, M. I. C. **Análise em SIG Multicritério**. Disponível em:
<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/geopr_prog_engamb/Aula13_ea/multicriterio.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2013.

GREENPEACE. **TOLERÂNCIA ZERO: CHEGA DE MADEIRA ILEGAL Porque a exploração de madeira na Amazônia está fora de controle**. Disponível em:
www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2007/6/greenpeacebr_060525_amazonia_relatorio_tolerancia_zero_port_v.1.p. Acesso em 05 nov. 2013.

GRISI,C.C.deH.; BRITTO,R.P. [s.d.]Técnica de Cenários e o Método Delphi: uma Aplicação para o ambiente brasileiro. Disponível em:
<http://www.ead.fea.usp.br/semead/6semead/MKT/045Mkt%20-%20T%C3%A9cnica%20de%20Cen%C3%A1rios%20M%C3%A9todo%20Delphi.doc>. Acesso em 05 ago. 2014.

HAUGHEY, D., Delphi Technique a Step-by-Step Guide. Project Smart.co.uk., 2010. Disponível em: <http://cdn.projectsart.co.uk/pdf/delphi-technique-a-stepby-step-guide.pdf>. Acesso em: Nov. 2014.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Minas Gerais » Carmo do Paranaíba » infográficos: histórico. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/cidadesat/painel/historico.php?lang=&codmun=311430&search=minas-gerais|caro-do-paranaiba|infograficos:-historico>. Acesso em: 25 Jan. 2015.

International Tropical Timber Organization(ITTO). 2007. Annual review and assessment of the world timber situation. Yokohama, (Document GI-7/07). 53 pp. apud ALMEIDA, A. N. de. et al. Mercado de madeiras tropicais: substituição na demanda de exportação. In: ACTA Amazônica. [S.l.].2010. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v40n1/v40n1a15.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2013.

International Tropical Timber Organization(ITTO), 2014. Disponível em <http://www.lifeforestry.com/fileadmin/template/main/pdf/itto/ITTO-Report-140316-31.pdf> 10/04/2014. Acesso em: abr/2014.

JALES, L. F. et al. Análise multicritério para definição de áreas prioritárias para implantação de projeto de Pagamento por Serviços Ecossistêmicos no município de Brumadinho, MG. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriament Remoto – SBSR, Foz do Iguacu,PR, Brasil,13 a18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1185.pdf> >. Acesso em: 15 out. 2013. LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: (GTZ) GmbH. [Trad. De Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto], 1990. 343 p.

LEMMENS, R. H. M. J., 2008. *Khaya ivorensis* A. Chev. [Internet] Record from Protabase. Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A.and Brink, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources vegetables de l’Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://77database.prota.org/search.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2009.

MALCZEWSKI, J., GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v.20, n.7, p.703-726, 2006.

MOURA, A. C., M. *Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios*. Disponível em <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.14.41/doc/28992906.pdf>. Acesso em Jan. 2015.

MOURA et al., **CONTRIBUIÇÕES AOS ESTUDOS DE ANÁLISES DE INCERTEZAS COMO COMPLEMENTAÇÃO ÀS ANÁLISES MULTICRITÉRIOS - “SENSITIVITY ANALYSIS TO SUITABILITY EVALUATION”**, 2014. Disponível em: <http://geoproea.arq.ufmg.br/publicacoes/2014/contribuicoes-aos-estudos-de-analises-de-incertezas-como-complementacao-as-analises-multicriterios-sensitivity-analysis-to-suitability-evaluation>. Acesso em: 04 jan/2015.

MOURA, A C M, 2007. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2899-2906.

NUNES, V; GLENISTER, D., **ENTENDENDO A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BIOCOMBUSTÍVEIS, A DIRETIVA DA UE DE ENERGIA RENOVÁVEL E AS INICIATIVAS INTERNACIONAIS PARA VERIFICAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE**, Uma discussão sobre a importância global de assegurar que biocombustíveis são produzidos de maneira sustentável e das iniciativas internacionais para conduzir o mercado a uma direção bem gerenciada, socialmente aceitável e amistosa ao meio ambiente, 2011. Disponível em: <http://www.dcabr.org.br/download/artigos/sqs.pdf>. Acesso em 07 fev. 2014.

OLIVEIRA et al., **Conceitos e métodos Estatísticos**. ZEE, 2014. Disponível em: http://www.zee.mg.gov.br/pdf/componentes_geofisico_biotico/1conceitos_e_mtodos_estatisticos.pdf. Acesso em 05 mar. 2014.

PINHEIRO, A. L. et al. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos Mognos Africanos (Khaya spp.)**. Viçosa. 2011.

REVISTA DE MADEIRA. 2011. Disponível em: http://www.sementescaicara.com/ImagensDiversas/file/Revista_dinheiro_rural_DINHEIRO_RURAL%201.pdf. Acesso em: 10 jan. 2014

SARTORI, A. A. C. et al, **Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG**, 2012. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1079-1090, 2012 Disponível

em:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S01007622012000600009&script=sci_arttext . Acesso em: 29 out. 2013.

SOARES-FILHO B. S. et al., 2009. **Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO**. Disponível em:

<http://www.csr.ufmg.br/dinamica/tutorial/Dinamica_EGO_guidebook.pdf>.

Acesso em: 10 set. 2013

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Geoprocessamento para análise ambiental. Rio de Janeiro: .D5 Producao gráfica.2001, 228 p.

WORD CLIM – *Global Climate Data – Free climate data for ecological modeling and GIS*. Disponível em: www.wordclim.org/current. Acesso em 13 out 2013.

APÊNDICE I
MÉTODO DELPHI

APÊNDICE I

MÉTODO DELPHI

PRIMEIRO CONTATO FORMAL POR ESCRITO

Bom dia.

Primeiramente, obrigada pelo aceite do contato telefônico e pela presteza.

Me chamo Laylla e sou mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais no Instituto de Geociências (IGC) / Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Minha dissertação possui o seguinte título: “Identificação e estudo das áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* a. Chev. (mogno africano) no Estado de Minas Gerais, utilizando a Modelagem Ambiental e Análise Multicritério” cujo objetivo principal é identificar, localizar e estudar áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* no Estado de Minas Gerais, aplicando conceitos e técnicas ligados à modelagem ambiental e levando em consideração os princípios e objetivos da sustentabilidade.

Gostaria muito de contar com sua ajuda e explicarei como:

Para localização de áreas consideradas “ótimas” naturalmente para o cultivo da espécie, é preciso elaborar um modelo e aplica-lo. O modelo selecionado para elaboração deste trabalho envolve a avaliação pela média ponderada. Este método possibilita estimar a ocorrência de eventos ambientais em geral. A formulação básica de tal medida, para fins de avaliações multi-classificatórias de uma situação ambiental, como no caso da seleção de áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* é feito através da formulação:

Em que:

A_{ij} = média ponderada a ser atribuída a cada unidade de resolução espacial;

P_k = peso atribuído ao plano de informação K;

N_k = valor representativo de uma classe do plano de informação K;

N = número de planos de informação envolvidos.

Os dados envolvidos na avaliação podem ser lançados em uma escala ordinal de 0 e 10 ou de 0 a 100 ou qualquer outro intervalo pré estabelecido.

Para atribuição de notas e pesos das diversas camadas utilizadas para realização da Análise Multicritério, as informações devem ser atribuídas por pessoas envolvidas diretamente com plantio da espécie no Estado de Minas Gerais, atribuindo um caráter de “avaliação guiada pelo conhecimento”, e por essa razão, selecionei você.

Este modelo é indicado para quaisquer casos em que se necessite tomar uma decisão, um exemplo é quanto a decisão de comprar ou não uma determinada terra. É possível atribuir pesos e notas para as variáveis de interesse bem como para seus componentes de legenda e com o resultado definir se é lucrativo ou não efetuar a transação proposta.

Entende-se (através da bibliografia existente) que as variáveis essenciais para composição deste modelo são:

Precipitação

Temperatura média

Pedologia

Áreas prioritárias para recuperação

Os componentes de legenda (em que devem ser atribuídas notas) são:

Precipitação Peso = ?		Muito Alta
		Alta
		Média
		Baixa
		Muito Baixa
Temperatura Peso = ?	média	Muito Alta
		Alta
		Média
		Baixa
		Muito baixa
Pedologia Peso = ?		Latossolo vermelho amarelo
		Argissolo Vermelho Amarelo
Áreas prioritárias para recuperação Peso = ?		

Ressalto que a variável "áreas prioritárias para recuperação" é de relevante importância tendo em vista o caráter sustentável da pesquisa proposta, isto é, devem ser propostos lugares ótimos para o cultivo da espécie em áreas prioritárias para recuperação (ex: áreas de pastagens) e nunca propor desmatamento de florestas nativas para cultivo da espécie (por exemplo).

O resultado a ser obtido informará a decisão considerando todas as possibilidades da área de MG, inclusive quanto a localização e extensão territorial das áreas ditas muito favoráveis, pouco favoráveis, medianamente favoráveis e assim por diante.

Os pesos atribuídos objetivam responder a seguinte questão: Qual a importância relativa, em percentual, atribuível a este parâmetro ambiental, como controlador da possibilidade de ocorrência do evento de interesse?

Ao passo que as notas atribuídas aos componentes de legenda objetivam responder: Qual a possibilidade, em uma escala de 0 a 100, da ocorrência desta classe em associação territorial com o evento (alta favorabilidade do plantio da *Khaya*)?

Ao final das decisões de todos os participantes, ter-se-á uma árvore de decisões (ilustrando os pesos finais das variáveis interessantes e notas finais atribuídas pelos especialistas) para componentes de legenda de cada variável) para composição da resposta esperada.

Você aceita/pode participar?

As questões serão enviadas via email e não leva muito tempo para serem respondidas. Basta atribuir pesos e notas a estas variáveis e seus componentes na segunda e terceira (e última) rodadas.

Caso aceite participar, a próxima etapa é o envio detalhado das variáveis com os respectivos intervalos e espaço para atribuírem peso e nota ainda hoje.

Muito obrigada e me coloco a disposição para esclarecimentos de quaisquer dúvidas.

PRIMEIRA RODADA DO MÉTODO DELPHI



MÉTODO DELPHI

1ª rodada

Trabalho acadêmico: Identificação e estudo das áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* a. Chev. (mogno africano) no Estado de Minas Gerais.

Facilitadora: Laylla Gabrielle
Eng. Ambiental e Seg. do
Trabalho
**Análise e Modelagem de
Sistemas Ambientais**

Objetivo: Identificar, localizar e estudar áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* no Estado de Minas Gerais, aplicando conceitos e técnicas ligados à modelagem ambiental e levando em consideração os princípios e objetivos da sustentabilidade.

As variáveis consideradas essenciais para o bom cultivo da espécie *Khaya ivorensis*, segundo bibliografia são (por favor desconsidere os componentes de legenda nesta 1ª rodada e se atenha apenas as variáveis):

- Pedologia

E os solos ideais (componentes da legenda) seriam:

Argissolo vermelho amarelo

Latossolo vermelho amarelo

- Precipitação

E os componentes de legenda dessa variável seriam:

Muito Alta (1648 – 1876 mm)

Alta (1420 – 1647 mm)

Média (1191 – 1419 mm)

Baixa (963 – 1190 mm)

Muito baixa (733 – 962 mm)

- Temperatura média

E os componentes de legenda dessa variável seriam:

Muito Alta (23,1 – 26,2°C)

Alta (21,4 – 23,0 °C)

Média (19,6 – 21,3 °C)

Baixa (17,5 – 19,5 °C)

Muito baixa (12,6 – 17,4 °C)

Você concorda com isso?

Retiraria ou acrescentaria alguma variável? Se sim, quais e por quê?

SEGUNDA RODADA DO MÉTODO DELPHI

 <p>MÉTODO DELPHI</p> <p>2ª rodada</p>	<p><u>Trabalho acadêmico:</u> Identificação e estudo das áreas favoráveis para o cultivo da <i>Khaya ivorensis</i> a. Chev. (mogno africano) no Estado de Minas Gerais.</p>
<p>Facilitadora: Laylla Gabrielle Eng. Ambiental e Seg. do Trabalho</p> <p>Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais</p>	<p><u>Objetivo:</u> Identificar, localizar e estudar áreas favoráveis para o cultivo da <i>Khaya ivorensis</i> no Estado de Minas Gerais, aplicando conceitos e técnicas ligados à modelagem ambiental e levando em consideração os princípios e objetivos da sustentabilidade.</p>

A maioria dos *experts* concordaram com tais variáveis. Foi citado a importância da insolação. Dado a falta de dados quanto a esta variável, mantem-se as variáveis descritas: Temperatura média, Precipitação média, Pedologia e Áreas Prioritárias para recuperação.

Nesta etapa, solicita-se que atribuam pesos para cada plano de informação, isto é, para cada variável.

Os pesos atribuídos objetivam responder a seguinte questão: Qual a importância relativa, em percentual, atribuível a este parâmetro ambiental, como controlador da possibilidade de ocorrência do evento de interesse?

O somatório dos pesos deve ser igual a 100.

É importante salientar que a variável “Áreas prioritárias para recuperação” também deve receber peso, tendo em vista que o objetivo do trabalho inclui propor áreas para plantio e cultivo da espécie em áreas já degradadas e nunca em áreas com cobertura vegetal nativa.

Com relação as NOTAS, estas devem ser atribuídas aos componentes de legenda e objetivam responder: Qual a possibilidade, em uma escala de 0 a 100, da ocorrência desta classe em associação territorial com o evento (alta favorabilidade do plantio da *Khaya*)? O somatório das notas NÃO precisa dar 100.

Obs: Todos os componentes de legenda devem receber nota.

Exemplo hipotético: a *khaya* se dá bem com precipitação de 1300 a 1900 mm. Isso implica que as notas dos componentes de legenda da variável precipitação “Muito Alta” e “Alta” deveriam receber nota máxima: 100.

- Pedologia

E os solos ideais (componentes da legenda) seriam:

Argissolo vermelho amarelo

Latossolo vermelho amarelo

- Precipitação (média anual)

E os componentes de legenda dessa variável seriam:

Muito Alta (1648 – 1876 mm)

Alta (1420 – 1647 mm)

Média (1191 – 1419 mm)

Baixa (963 – 1190 mm)

Muito baixa (733 – 962 mm)

- Temperatura média (média anual)

E os componentes de legenda dessa variável seriam:

Muito Alta (23,1 – 26,2°C)

Alta (21,4 – 23,0 °C)

Média (19,6 – 21,3 °C)

Baixa (17,5 – 19,5 °C)

Muito baixa (12,6 – 17,4 °C)

- Áreas prioritárias para recuperação

Assim, obtém-se a seguinte resposta:

Precipitação Peso = ?	Muito Alta	Nota = ?	
	Alta	Nota = ?	
	Média	Nota = ?	
	Baixa	Nota = ?	
	Muito Baixa	Nota = ?	
Temperatura Peso = ?	média	Muito Alta	Nota = ?
		Alta	Nota = ?
		Média	Nota = ?
		Baixa	Nota = ?
		Muito baixa	Nota = ?
Pedologia Peso = ?	Latossolo vermelho amarelo	Nota = ?	
	Argissolo Vermelho Amarelo	Nota = ?	
Áreas prioritárias para recuperação Peso = ?		Nota = ?	

Finalizando esta etapa, a facilitadora realizará os cálculos de média, desvio padrão e variância e rerepresentará tais valores para os *experts*, que reestabelecerão suas notas.

Feito isso, o processo se encerra.

TERCEIRA RODADA MÉTODO DELPHI



MÉTODO DELPHI

3ª e última
rodada

Trabalho acadêmico: Identificação e estudo das áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* a. Chev. (mogno africano) no Estado de Minas Gerais.

Facilitadora: Laylla Gabrielle
Eng. Ambiental e Seg. do
Trabalho
**Análise e Modelagem de
Sistemas Ambientais**

Objetivo: Identificar, localizar e estudar áreas favoráveis para o cultivo da *Khaya ivorensis* no Estado de Minas Gerais, aplicando conceitos e técnicas ligados à modelagem ambiental e levando em consideração os princípios e objetivos da sustentabilidade.

As médias dos pesos e notas de todos os especialistas são apresentados na Tabela abaixo:

Plano de informação (variável)	Componentes de legenda	Notas dos componentes de legenda
Precipitação Peso = 47	Muita Alta	83
	Alta	73
	Média	63
	Baixa	37
	Muito Baixa	13
Temperatura Peso = 20	Muito Alta	60
	Alta	77
	Média	67
	Baixa	40
	Muito Baixa	20
Pedologia Peso = 20	Latossolo Vermelho Amarelo	67
	Argissolo Vermelho Amarelo	57
Áreas Prioritárias para Recuperação Peso = 13	Muito Alta e Alta	100
	Média	20
	Baixa	5
	Muito Baixa	1

O intuito desta rodada é verificar se você manterá suas notas ou se modificará tendo como base as médias apresentadas. Reescreva seus pesos e notas na tabela abaixo (ainda que opte por manter os mesmos valores).

Precipitação Peso = ?	Muito Alta Nota = ?
	Alta Nota = ?
	Média Nota = ?
	Baixa Nota = ?
	Muito Baixa Nota = ?
Temperatura média Peso = ?	Muito Alta Nota = ?
	Alta Nota = ?
	Média Nota = ?
	Baixa Nota = ?
	Muito baixa Nota = ?
Pedologia Peso = ?	Latossolo vermelho amarelo Nota = ?
	Argissolo Vermelho Amarelo Nota = ?
Áreas prioritárias para recuperação Peso = ?	Muita Alta e alta Nota = ?
	Média
	Baixa
	Muito Baixa

Caso haja mudança de pesos e/ou notas, os primeiros valores serão substituídos pelos últimos (estabelecidos nesta última rodada) e o processamento dos dados em software específico se dará pelos últimos valores sem mais haver contato com o especialista.

Legenda:

- Pedologia

E os solos ideais (componentes da legenda) seriam:

Argissolo vermelho amarelo

Latossolo vermelho amarelo

- Precipitação (média anual)

E os componentes de legenda dessa variável seriam:

Muito Alta (1648 – 1876 mm)

Alta (1420 – 1647 mm)

Média (1191 – 1419 mm)

Baixa (963 – 1190 mm)

Muito baixa (733 – 962 mm)

- Temperatura média (média anual)

E os componentes de legenda dessa variável seriam:

Muito Alta (23,1 – 26,2°C)

Alta (21,4 – 23,0 °C)

Média (19,6 – 21,3 °C)

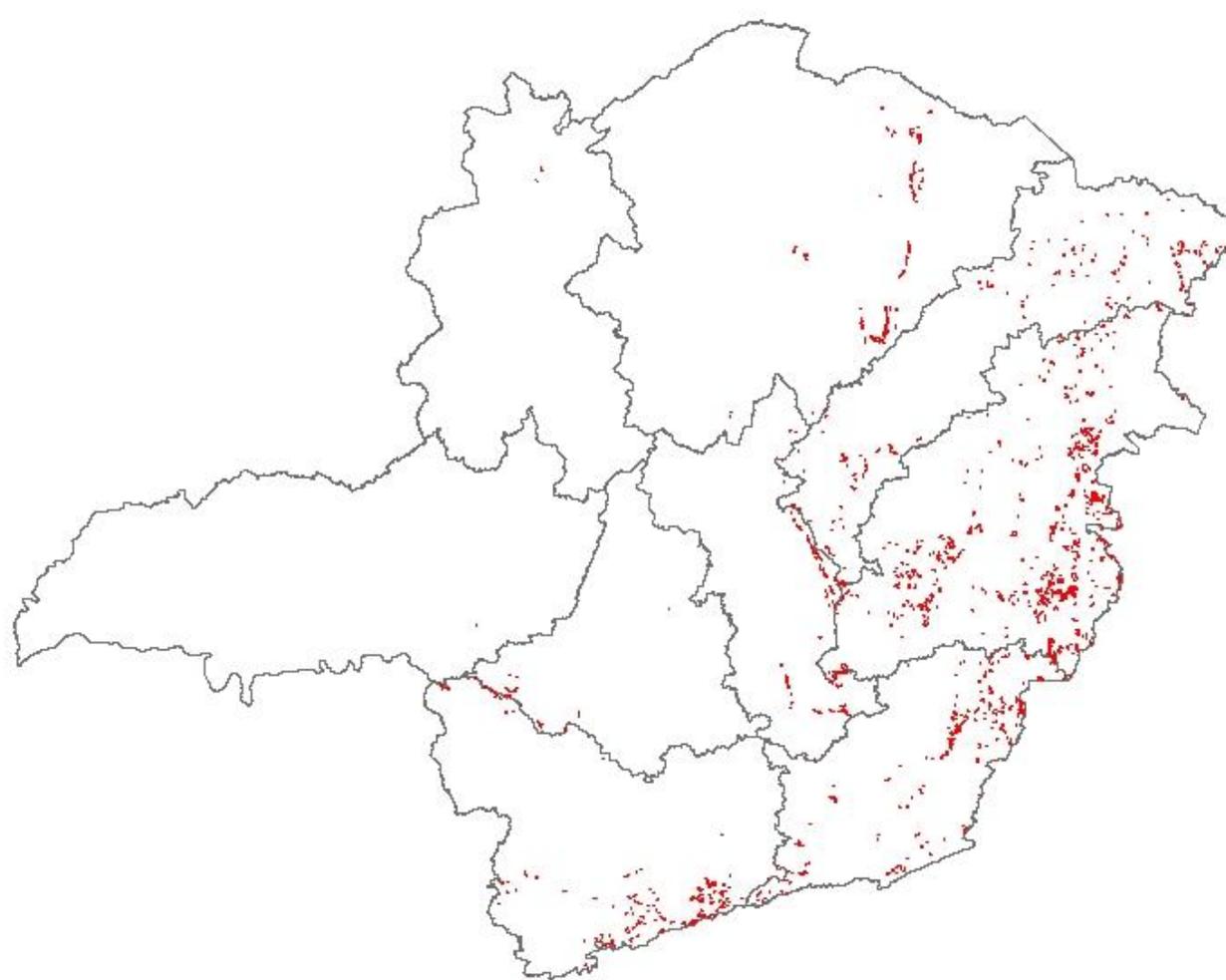
Baixa (17,5 – 19,5 °C)

Muito baixa (12,6 – 17,4 °C)

- Áreas prioritárias para recuperação

APÊNDICE II
MAPAS DE 4 A 6 – RESTRIÇÕES

Áreas de Preservação Permanente (APP) de declividade



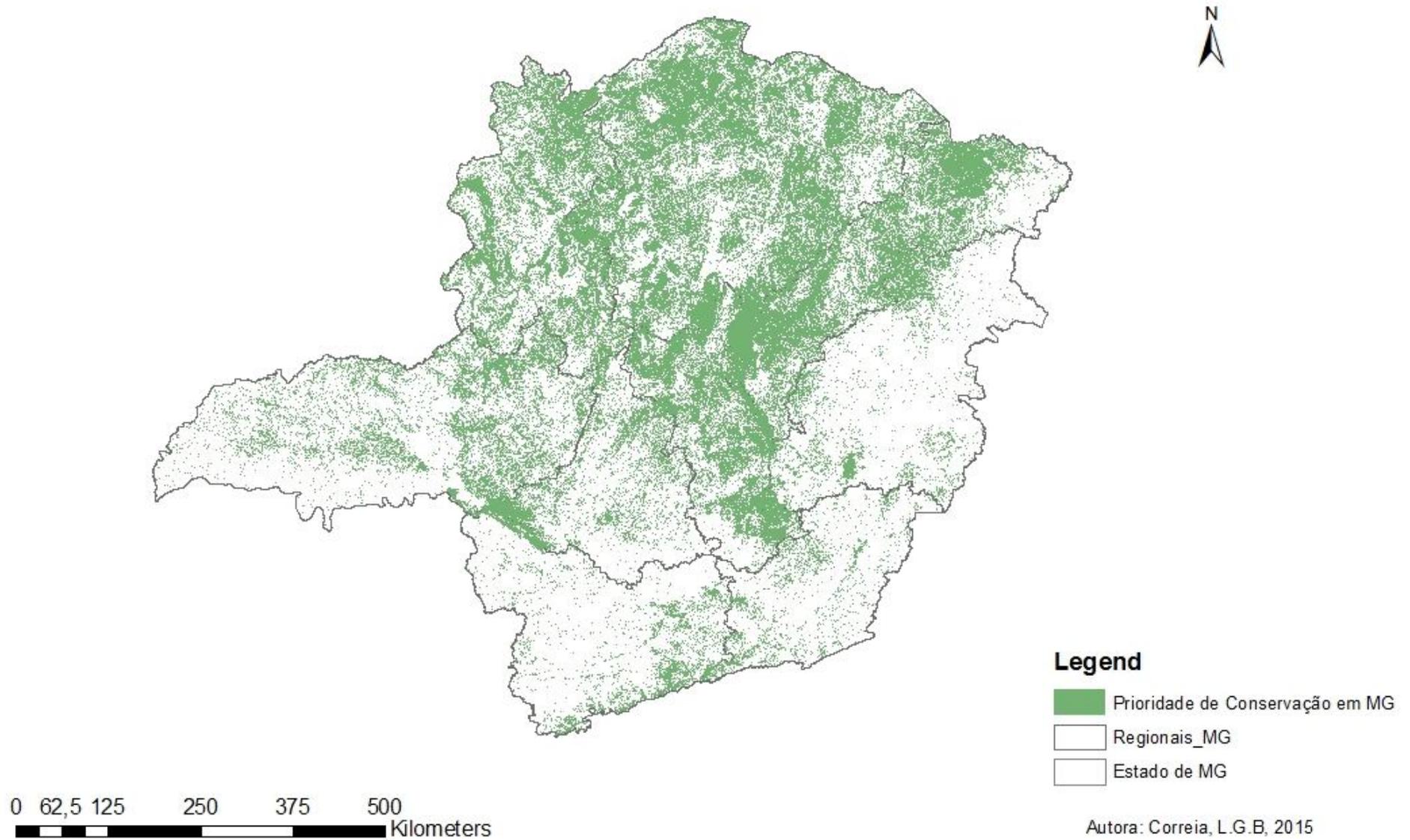
Legenda

-  Declive_maior45°
-  Regionais_MG
-  Estado de MG

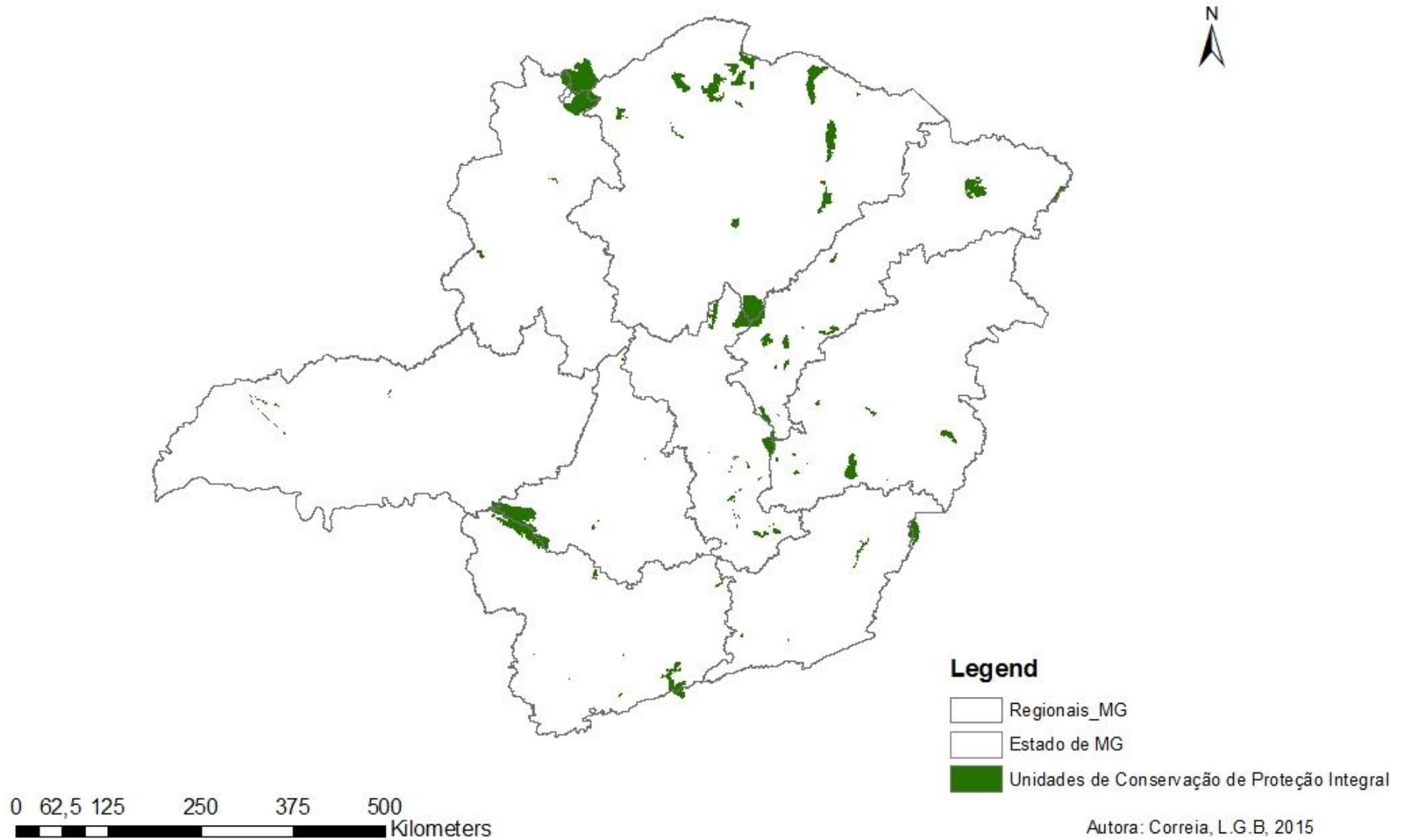
0 62,5 125 250 375 500
Kilometers

Autora: Correia, L.G.B, 2015

Áreas com Alta e Muito Alta Prioridade de Conservação segundo ZEE-MG



Unidades de Conservação (UC's) de Proteção Integral no Estado de MG

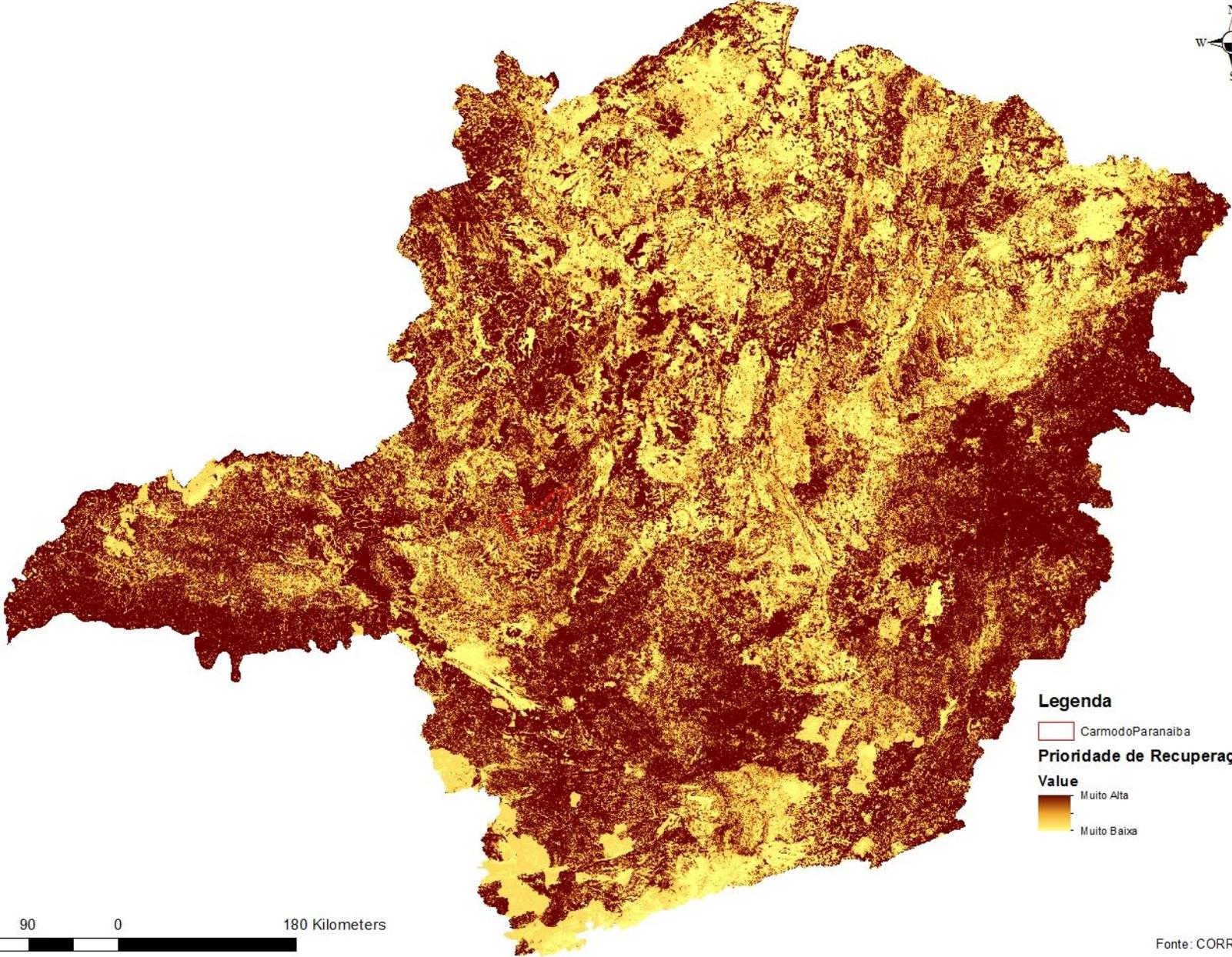


APÊNDICE III

CENÁRIOS HIPOTÉTICOS – TESTE PARA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

MAPAS 7 ao 11

Cenário hipotético de Favorabilidade para cultivo da *Khaya ivorensis* em MG, considerando apenas a variável "Prioridade de Recuperação"



Legenda

 CarmodoParanaíba

Prioridade de Recuperação Peso 100 na AMC

Value

 Muito Alta

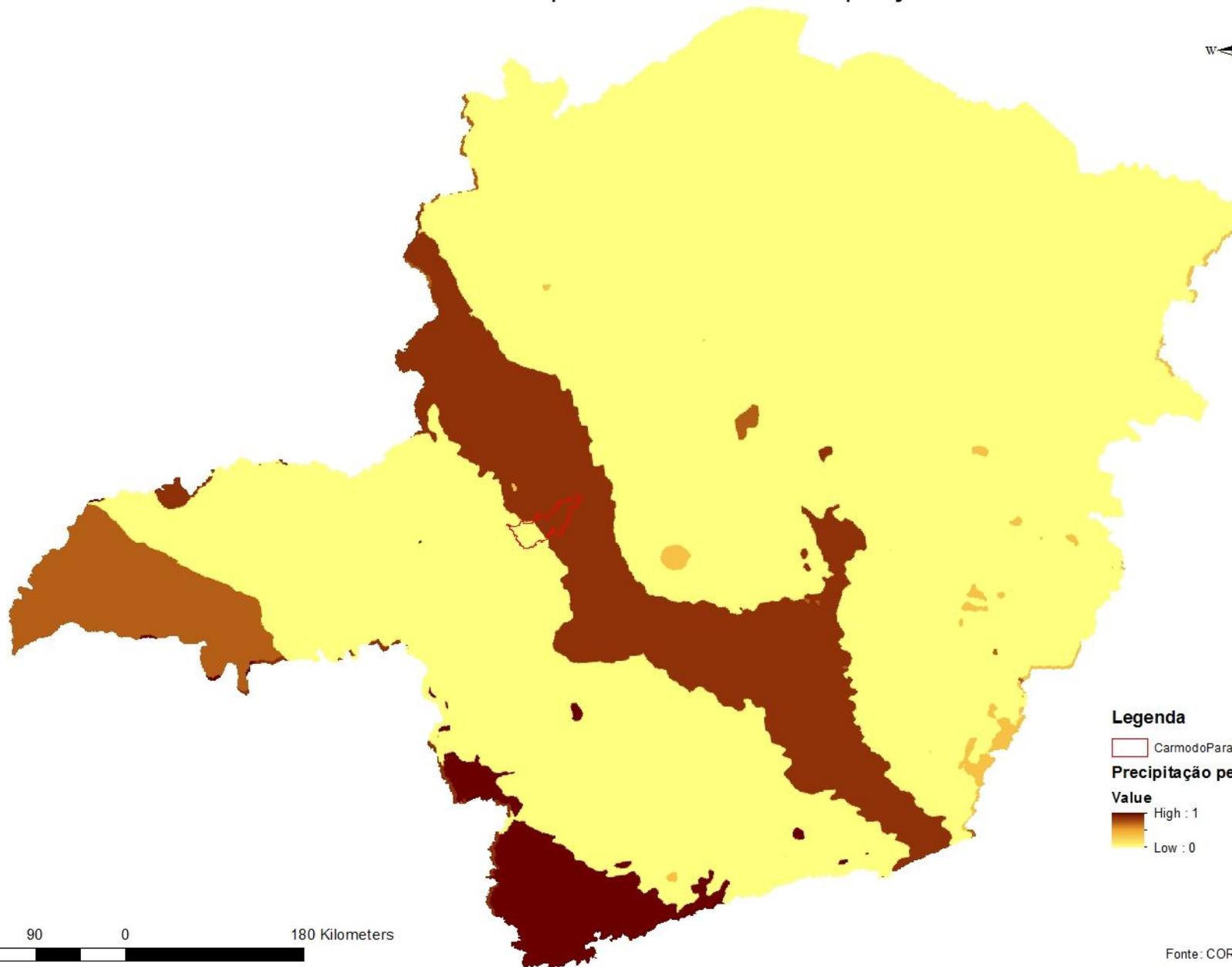
 Muito Baixa

180 90 0 180 Kilometers



Fonte: CORREIA, L.G.B., 2015

Cenário hipotético de Favorabilidade para cultivo da *Khaya ivorensis* em MG,
considerando apenas a variável "Precipitação"



Legenda

 Carmo do Paranaíba

Precipitação peso 100 na AMC

Value

 High : 1

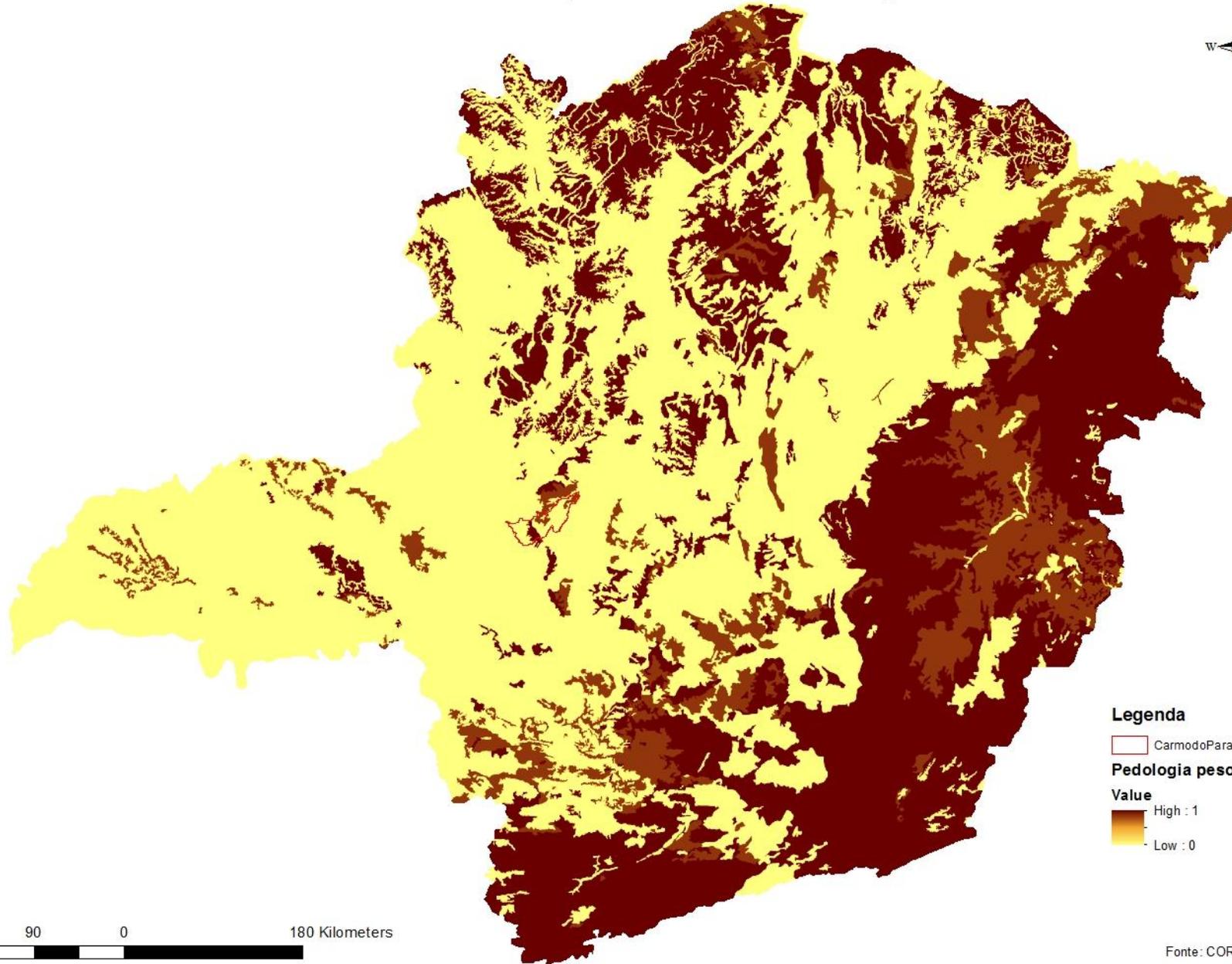
 Low : 0

180 90 0 180 Kilometers



Fonte: CORREIA, L.G.B., 2015

Cenário hipotético de Favorabilidade para cultivo da *Khaya ivorensis* em MG, considerando apenas a variável "Pedologia"



Legenda

 CarmodoParanaíba

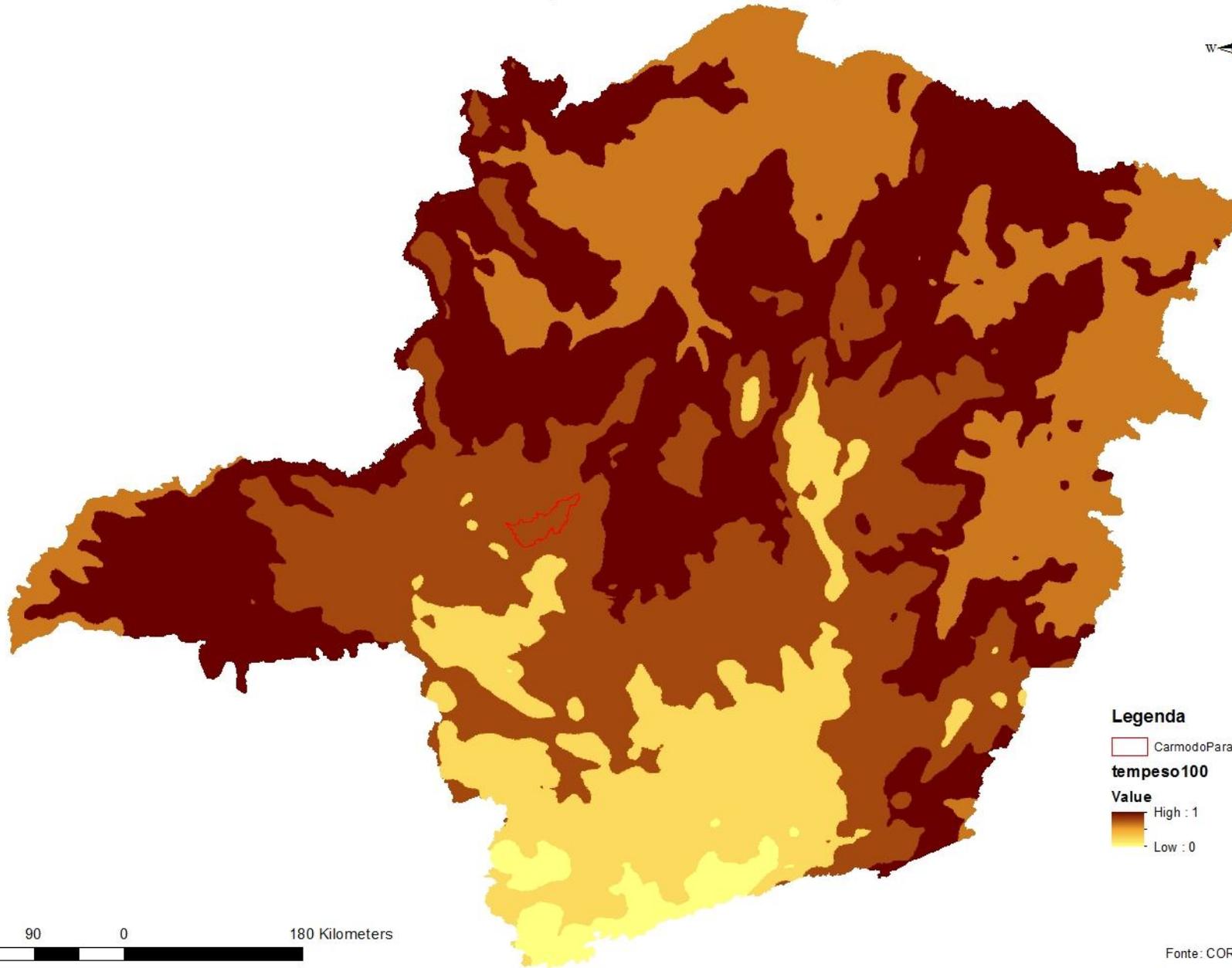
Pedologia peso 100 na AMC

Value

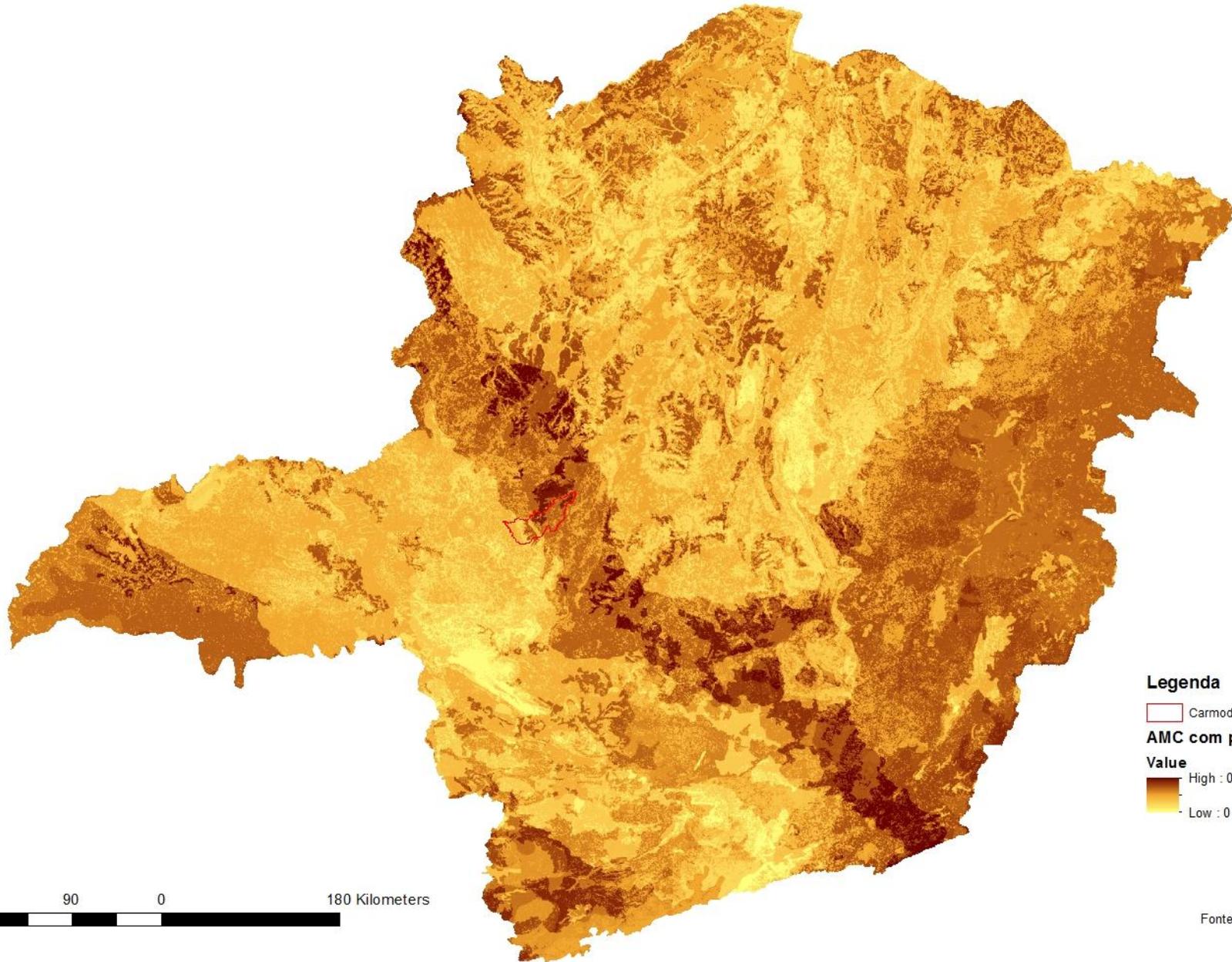
 High : 1
 Low : 0



Cenário hipotético de Favorabilidade para cultivo da *Khaya ivorensis* em MG, considerando apenas a variável "Temperatura"



Cenário hipotético de Favorabilidade para cultivo da *Khaya ivorensis* em MG, considerando as variáveis "Temperatura", "Prioridade de recuperação", "Pedologia" e "Precipitação" com pesos idênticos



Legenda

 CarmodoParanaíba

AMC com pesos idênticos

Value

 High : 0,964286

 Low : 0

180 90 0 180 Kilometers



Fonte: CORREIA, L.G.B., 2015

ANEXO I

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO DO ESTUDO DE CASO

Laudo de Análise de Solo

Laudo Nº 473/2015 Entrada: 26/01/2015 Gerado: 05/02/2015

Solicitante: LORENA NATASCHA FERREIRA BLEME

Município: CARMO DO PARANÁIBA - MG

Proprietário: HENRIQUE GONTIJO

Telefone: (35) 3531-4545

Propriedade: NÃO INFORMADA

Convênio: PARTICULAR

Cod. Lab. : 414/2015

Cultura: KHAYA IVORENSIS

Amostra: 01 (0-20 CM)

Resultados da Análise Química:

pH H ₂ O	pH CaCl ₂	pH KCl	C.E.	P meh.	P rem.	P res.	P total	Na ⁺	K ⁺	S-SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
1 : 2,5			mS.cm ⁻³	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³							
5,8	5,1	ns	ns	ns	ns	13	ns	ns	38	16	0,10	1,6	0,5	0,00	1,80

SB	t	T	V	m	Relação entre bases:				Relação entre bases e T (%):						
cmolc dm ⁻³			%		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/T	Mg/T	Na/T	K/T	H+Al/T	Ca+Mg/T	Ca+Mg+Na+K/T
2,14	2,14	3,94	54	0	3,3	16,2	4,8	21,0	40	12	ns	2	46	52	54

M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo	Si	Nível Crítico de P	Valor do P Relativo
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³					mg dm ⁻³		mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	%
2,2	1,3	0,14	2,0	30	2,8	1,6	ns	ns	ns	ns	ns

Resultados da Análise Textura:

Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila
g kg ⁻¹				
ns	ns	ns	ns	ns

ns = Não Solicitado | SB = Soma de Bases | t = CTC Efetiva | T = CTC pH 7,0
V = Sat. Base | m = Sat. Alumínio | pH CaCl₂.2H₂O 0,01 mol l⁻¹;
P,K,Na = Mehlich -1;
S-SO₄²⁻ = [Fosfato monobásico Cálcio 0,01 mol l⁻¹];
Ca,Mg,Al = [KCl 1 mol l⁻¹]; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5];
B = [BaCl₂. 2H₂O 0,125% à quente];
Cu,Fe,Mn,Zn = DTPA;
Si = [CaCl₂. 2H₂O 0,01 mol l⁻¹];
C.E. = Condutividade Elétrica | cmolc dm⁻³ x 10 = mmolc dm⁻³; mg dm⁻³ = ppm; dag kg⁻¹ = %;

Níveis ideais de nutrientes no solo segundo Boletim de recomendação CFSEMG(1999) .

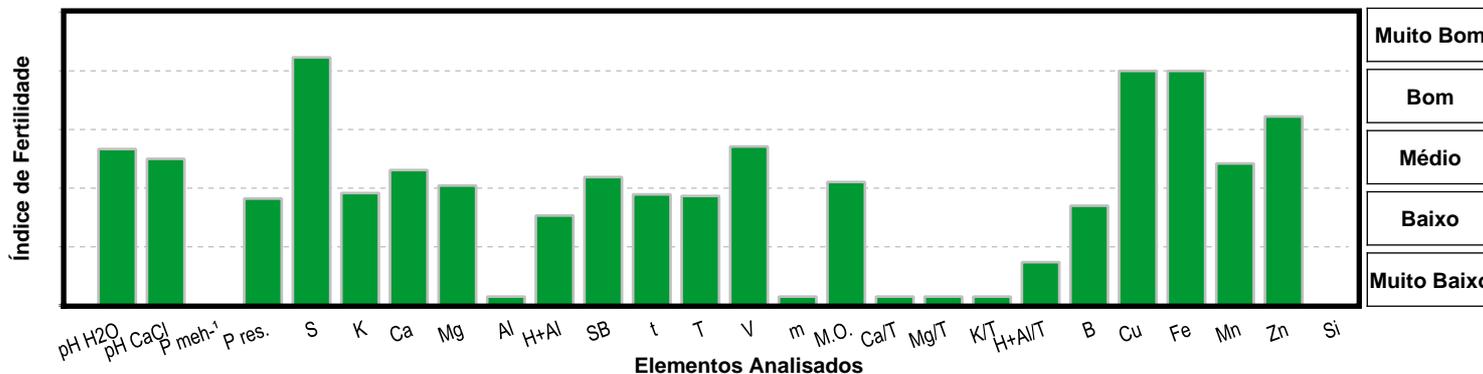
Obs: S-SO₄²⁻, B, Cu, Fe, Mn, Zn fonte: Boletim Técnico 100, IAC (1997).

pH Água	pH CaCl ₂	K ⁺	S-SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T
5,5 - 6,5	4,9 - 5,9	>80	>10	2,4 - 4,0	0,9 - 1,5	<0,2	<2,0	3,6 - 6,0	4,6 - 8,0	8,6 - 15,0

Argila	P meh ⁻¹	P rem.	P meh ⁻¹
60-100	8,1 - 12	0 - 4	6,1 - 9
35 - 60	12,1 - 18	4 - 10	8,5 - 12,5
15 - 35	20,1 - 30	10 - 19	11,5 - 17,5
0 - 15	30,1 - 45,0	19 - 30	15,9 - 24
		30 - 44	29,1 - 33
		44 - 60	30,1 - 60

V	m	M.O.	P resina
60 - 80	<20	2,1 - 4,5	41 - 80

Fertigrama do Solo:



Observações:

A interpretação de Al, H+Al, m e H+Al/T lê-se Alto e Muito Alto no lugar de Bom e Muito Bom. Fertigrama apresentado como mera sugestão ilustrativa. O laboratório não responsabiliza por interpretações dos resultados das análises. Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo. Este laudo não tem fins jurídicos. Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.

Juliana Perre Tudela
Eng^o. Agr^o. Juliana Perre Tudela
Responsável Técnico
CREA: 82.202-D

Laudo de Análise de Solo

Laudo Nº 473/2015 Entrada: 26/01/2015 Gerado: 05/02/2015

Solicitante: LORENA NATASCHA FERREIRA BLEME

Município: CARMO DO PARANÁIBA - MG

Proprietário: HENRIQUE GONTIJO

Telefone: (35) 3531-4545

Propriedade: NÃO INFORMADA

Convênio: PARTICULAR

Cod. Lab. : 415/2015

Cultura: KHAYA IVORENSIS

Amostra: 02 (20-40CM)

Resultados da Análise Química:

pH H ₂ O	pH CaCl ₂	pH KCl	C.E.	P meh.	P rem.	P res.	P total	Na ⁺	K ⁺	S-SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
1 : 2,5			mS.cm ⁻³	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³							
5,8	4,9	ns	ns	ns	ns	11	ns	ns	60	40	0,15	1,5	0,5	0,00	2,80

SB	t	T	V	m	Relação entre bases:				Relação entre bases e T (%):						
cmolc dm ⁻³			%		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/T	Mg/T	Na/T	K/T	H+Al/T	Ca+Mg/T	Ca+Mg+Na+K/T
2,15	2,15	4,95	44	0	3,0	9,8	3,3	13,1	30	10	ns	3	57	40	44

M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	Mo	Si	Nível Crítico de P	Valor do P Relativo
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³					mg dm ⁻³		mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	%
2,0	1,2	0,06	2,1	28	2,4	0,4	ns	ns	ns	ns	ns

Resultados da Análise Textura:

Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila
g kg ⁻¹				
ns	ns	ns	ns	ns

ns = Não Solicitado | SB = Soma de Bases | t = CTC Efetiva | T = CTC pH 7,0
V = Sat. Base | m = Sat. Alumínio | pH CaCl₂.2H₂O 0,01 mol l⁻¹;
P,K,Na = Mehlich -1;
S-SO₄²⁻ = [Fosfato monobásico Cálcio 0,01 mol l⁻¹];
Ca,Mg,Al = [KCl 1 mol l⁻¹]; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5];
B = [BaCl₂. 2H₂O 0,125% à quente];
Cu,Fe,Mn,Zn = DTPA;
Si = [CaCl₂. 2H₂O 0,01 mol⁻¹];
C.E. = Condutividade Elétrica | cmolc dm⁻³ x 10 = mmolc dm⁻³; mg dm⁻³ = ppm; dag kg⁻¹ = %;

Níveis ideais de nutrientes no solo segundo Boletim de recomendação CFSEMG(1999) .

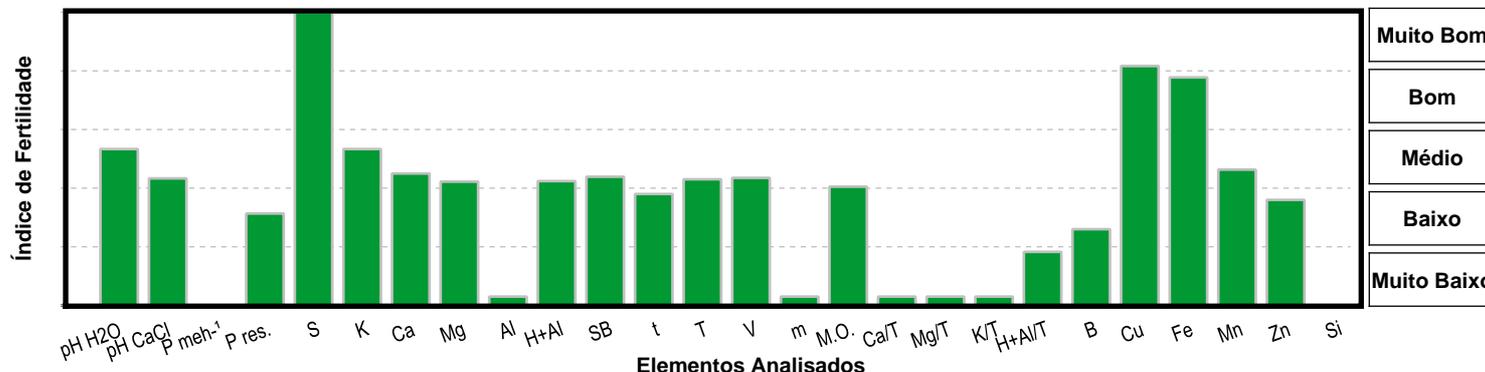
Obs: S-SO₄²⁻, B, Cu, Fe, Mn, Zn fonte: Boletim Técnico 100, IAC (1997).

pH Água	pH CaCl ₂	K ⁺	S-SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T
5,5 - 6,5	4,9 - 5,9	>80	>10	2,4 - 4,0	0,9 - 1,5	<0,2	<2,0	3,6 - 6,0	4,6 - 8,0	8,6 - 15,0

V	m	M.O.	P resina
60 - 80	<20	2,1 - 4,5	41 - 80

Argila	P meh ⁻¹	P rem.	P meh ⁻¹
60-100	8,1 - 12	0 - 4	6,1 - 9
35 - 60	12,1 - 18	4 - 10	8,5 - 12,5
15 - 35	20,1 - 30	10 - 19	11,5 - 17,5
0 - 15	30,1 - 45,0	19 - 30	15,9 - 24
		30 - 44	29,1 - 33
		44 - 60	30,1 - 60

Fertigrama do Solo:



Observações:

A interpretação de Al, H+Al, m e H+Al/T lê-se Alto e Muito Alto no lugar de Bom e Muito Bom. Fertigrama apresentado como mera sugestão ilustrativa. O laboratório não responsabiliza por interpretações dos resultados das análises. Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo. Este laudo não tem fins jurídicos. Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.

Juliana Perre Tudela
Eng^o. Agr^o. Juliana Perre Tudela
Responsável Técnico
CREA: 82.202-D