



**AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA
SUSTENTABILIDADE DE PLANOS DE
MANEJO DA CANDEIA (*Eremanthus
erythropappus* (DC.) MacLeish)**

LAVRAS – MG

2012

EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE PLANOS DE
MANEJO DA CANDEIA (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

JOSÉ ROBERTO SOARES SCOLFORO

Coorientador

JOSÉ MÁRCIO DE MELLO

LAVRAS – MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Araújo, Emanuel José Gomes de.

Avaliação e análise da sustentabilidade de planos de manejo da
candeia ((*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeisch / Emanuel
José Gomes de Araújo. – Lavras : UFLA, 2012.

138 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: José Roberto Soares Scolforo.

Bibliografia.

1. Manejo sustentável. 2. Regeneração. 3. Espacialização. 4.
Radiação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97355

EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE PLANOS DE
MANEJO DA CANDEIA (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de fevereiro de 2012

Dr. José Roberto Soares Scolforo UFLA

Dr. José Márcio de Mello UFLA

Dr. João Paulo Rodrigues D. Barbosa UFLA

Dr. José Roberto Soares Scolforo
Orientador

Dr. José Márcio de Mello
Coorientador

**LAVRAS – MG
2012**

A Dezinha, minha mãe, pelo exemplo de força, luta, perseverança e dedicação aos filhos.

A Julinho, meu pai, pelo incentivo e sábias palavras.

Aos meus irmãos César, Nice, Cláudia, Claudiane, Clécia, Jadinho e Juninho, por tantos e tantos momentos de alegria, comunhão, confraternização e companheirismo.

Ao meu irmão, Charles (Charlinho), por representar o amor em seu pleno significado.

Aos meus sobrinhos, por me darem tantas alegrias.

Ao Evando, meu cunhado, por ter me dado a oportunidade de evoluir na vida.

Em especial, a

Tia Betinha, a quem sou imensuravelmente grato por estar aqui.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser Onisciente, Onipresente e Onipotente.

Ao professor Scolforo, pelo seu compromisso com o trabalho e por nos tornar, além de profissionais mais capacitados, pessoas melhores e nos fazer crescer como cidadão. Serei eternamente grato por tudo o que me ensinou nesses oito anos de convivência, pelas cobranças, pelas broncas e pelas ajudas em todos os momentos.

Ao professor José Márcio de Mello, pelo seu comprometimento e dedicação para comigo. Pelas ideias sugeridas e enriquecimento científico, além da paciência demonstrada ao corrigir os trabalhos e, principalmente, pela amizade verdadeira compartilhada em todos os momentos.

Aos professores Faustinho, Passarinho, Donizette, Lucas e Callegário, pelos ensinamentos e harmoniosa convivência.

À Citróleo, representada pelos engenheiros Vanete e Adriano, que demonstraram imenso apoio na realização do trabalho, além de disponibilizar as áreas de estudo.

Ao CNPq, por disponibilizar a bolsa de estudos e incentivar a pesquisa.

Aos funcionários Glaucia, Beth, Livia, Zé Carlos e Tiririca, pelo espírito de equipe e disponibilidade.

À Chica, pelo cuidado e carinho desde a minha chegada em Lavras.

À Márcia e Aline, pelo café que nos estimulou e pelas boas conversas que nos divertiu.

Ao Gabriel, Marcela, Allan, Bodinho Isaias (Zazá) pelos momentos de companheirismo, amizade e ajuda.

À Dani, pela amizade e ajuda imprescindível na questão geoestatística do trabalho.

À Andressa, pela amizade sincera, força e parceria científica.

Aos amigos e companheiros de trabalho Vinícius (Chapolim), Thiza, Ana Luiza, Luiz Henrique (Curió) e Bob, por compartilharem do conhecimento e dos momentos de dificuldade e sucesso.

Ao amigo Régis (Regim) pelo companheirismo, ajuda e parceria profissional.

À Amanda, por ter me dado a honra de desfrutar de uma amizade sincera e incondicional.

Aos amigos Ferraço, Toró, Kalill, Moreira, Marcel e Fred pelos vários momentos de alegria e brincadeira, aliados ao compromisso com o trabalho de qualidade e eficiência.

Aos estagiários da UFPB, Tibério e Andrey, por me ajudarem na cansativa coleta de dados em campo.

À todos os estagiários do LEMAF, especialmente aos do projeto candeia: Alex, Hortênsia, Juliana, Carolzinha, Maria Luiza, Ronis, Edmilson, Gislaine e Ellen, pela dedicação com os trabalhos do projeto e ajuda com a base de dados deste trabalho.

A Igreja Adventista Central de Lavras, pelo acolhimento religioso e familiar.

À Karla Camargo, por compartilhar de um amor puro e verdadeiro.

“Bem aventurados os limpos de coração, porque verão a Deus.”

Mateus 5:8

RESUMO

Ao longo de muitos anos a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) foi explorada de forma desordenada, sem seguir os critérios de um manejo, que buscasse a minimização de impactos. Com a necessidade de regulamentar essa atividade foi criada a portaria n° 01 de 5 de janeiro de 2007, que dispõe sobre as normas, para a realização do manejo da candeia em Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2007). Nesse contexto, o objetivo geral do trabalho foi avaliar a sustentabilidade do manejo da candeia, condicionada à intensidade e espacialização da regeneração natural, em cinco áreas submetidas ao sistema de manejo florestal com porta sementes, conforme as normas propostas pela portaria. Em parcelas com formato dodecagonal, área de 300 m² e distribuídas sistematicamente nos fragmentos 1, 2, 3, 4 e 5 foram mensuradas a altura total de todos os indivíduos regenerantes de candeia e a altura e o diâmetro a 1,30 m do solo de todos os indivíduos arbóreos de candeia e de outras espécies nativas, além das coordenadas geográficas desses dois tipos de indivíduos. As parcelas foram centradas em uma árvore porta semente, apresentando um raio de 10 m. Para análise dos dados foram estimados índices que retratam o crescimento e estabelecimento da regeneração natural, além da correlação desta com o estrato arbóreo e análise espacial, por meio de técnicas de geoestatística. Os resultados obtidos mostraram que a regeneração natural se desenvolve de forma diferenciada em cada fragmento, dependendo das condições do ambiente, sendo influenciada principalmente pela altitude e predominância de candeia antes do manejo. Além disso, a regeneração natural apresentou forte dependência espacial em 4 dos fragmentos estudados. Assim, é imprescindível acompanhar a regeneração ao longo do tempo e espaço e explorar outros fatores que podem afetar seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Manejo sustentável. Regeneração da candeia. Espacialização. Radiação.

ABSTRACT

Over many years candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) was disorderly exploited, not following a technical and scientific management criteria, envisaging environmental impact minimization. In order to regulate this activity, on January 5, 2007, the Minas Gerais state Decree N. 1 set forth the rules for carrying out the management of candeia (MINAS GERAIS, 2007). This study assessed the sustainability of candeia management under intensity and spatial distribution of natural regeneration in five areas subject to seed trees forest management system, according to the standards proposed by the Decree. Decagonal shaped plots with 300 m² of area were systematically distributed in fragments 1, 2, 3, 4 and 5. It was measured the total height of all regenerating candeia individuals, the height, the diameter at 1.30 m above the ground and the geographical coordinates of all adult candeia and other native tree species individuals. The plots with radius of 10 m were centered on the seed tree. For data analysis, indices depicting the growth and establishment of natural regeneration, and the correlation of this with the tree layer and spatial analysis using geostatistical techniques were estimated. The results showed that natural regeneration develops differently in each fragment, depending on environmental conditions, being affected by altitude and the predominance of candeia forest before the management. Moreover, the regeneration showed strong spatial dependence on four of the studied fragments. Thus, it is necessary to monitor regeneration over time and space and identify and analyze other factors that may affect candeia development.

Keywords: Sustainable management. Candeia regeneration. Spatialization. Radiation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Semivariograma teórico em que “ ϕ ” é o alcance da função, $\tau^2 + \sigma^2$ é o patamar e τ^2 é o efeito pepita | 19 |
| Figura 2 Área de ocorrência da candeia em Minas Gerais | 22 |
| Figura 3 Localização das áreas de manejo e limites territoriais dos respectivos municípios..... | 23 |
| Figura 4 Caracterização dos tipos de solos predominantes nas áreas de estudo. | 25 |
| Figura 5 Caracterização da decomposição da matéria orgânica do solo nas áreas de estudo | 26 |
| Figura 6 Caracterização vulnerabilidade a contaminação do solo nas áreas de estudo..... | 26 |
| Figura 7 Caracterização do grau de compactação do solo nas áreas de estudo .. | 27 |
| Figura 8 Caracterização dos tipos de clima nas áreas de estudo..... | 27 |
| Figura 9 Distribuição sistemática das parcelas no fragmento e formato dodecagonal da parcela..... | 28 |
| Figura 10 Detalhamento interno da parcela com destaque para os quadrantes (a) e as subparcelas (b)..... | 29 |
| Figura 11 Contorno do fragmento 1 e distribuição das respectivas parcelas..... | 31 |
| Figura 12 Contorno do fragmento 2 e distribuição das respectivas parcelas..... | 32 |
| Figura 13 Contorno do fragmento 3 e distribuição das respectivas parcelas..... | 32 |
| Figura 14 Contorno do fragmento 4 e distribuição das respectivas parcelas..... | 33 |
| Figura 15 Contorno do fragmento de Itamonte e distribuição das respectivas parcelas | 33 |
| Figura 16 Número de regenerantes mínimo, médio e máximo, por parcela, e respectivos coeficientes de variação em porcentagem por fragmento | 48 |
| Figura 17 Distribuição do número de indivíduos em classes de altura nos fragmentos | 49 |
| Figura 18 Comparação das distribuições de altura entre os fragmentos com maior diferença (a) e menor diferença (b), a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov a 5 % de probabilidade..... | 51 |
| Figura 19 Distribuição espacial da regeneração de candeia, indivíduos arbóreos de candeia e não candeia e árvores removidas na parcela 10 do fragmento 4 | 53 |
| Figura 20 Distribuição espacial da regeneração de candeia, indivíduos arbóreos de candeia e não candeia e árvores removidas na parcela 3 do fragmento 4 | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 21 Percentual de indivíduos estabelecidos, não estabelecidos e recrutas para cada idade de exploração | 58 |
| Figura 22 O eixo Y representa altura média ponderada, em metros, e índice de estabelecimento. O eixo X representa a idade de exploração, em meses | 64 |
| Figura 23 O eixo Y representa o índice de estoque, indivíduos/ha, e o estoque estabelecido. O eixo X representa a idade de exploração, em meses | 66 |
| Figura 24 Estoque estabelecido por parcela em função da altitude, em metros, e da predominância de candeia, em porcentagem | 73 |
| Figura 25 Gráfico de semivariância nos fragmentos 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e 5 (e) para a variável número de regenerações de candeia..... | 75 |
| Figura 26 Gráfico de semivariância nos fragmentos 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e 5 (e) para a variável número de indivíduos arbóreos de outras espécies nativas... | 77 |
| Figura 27 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 1 | 80 |
| Figura 28 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 2 | 81 |
| Figura 29 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 3 | 82 |
| Figura 30 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 4 | 83 |
| Figura 31 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 5 | 84 |
| Figura 32 Índice de competição da regeneração natural em cada parcela dos fragmentos manejados | 86 |
| Figura 33 Nível de competição da regeneração natural da candeia nos fragmentos 1 (a) e 2 (b)..... | 87 |
| Figura 34 Nível de competição da regeneração natural da candeia nos fragmentos 3 (a) e 4 (b)..... | 88 |
| Figura 35 Nível de competição da regeneração natural da candeia no fragmento 5 | 89 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 Caracterização dos fragmentos (F). Onde Lat e Lon são as coordenadas geográficas, A representa a altitude, em m, P a precipitação anual média, em mm e T a temperatura média anual, em °C..... | 24 |
| Tabela 2 Características biométricas dos fragmentos (F) manejados. Onde Pred representa a predominância inicial de candeia, em %, D é a densidade de indivíduos de candeia antes da exploração, em indivíduos.ha ⁻¹ , V _t é o volume quantificado na área, em m ³ .ha ⁻¹ , V _e é o volume explorado, em m ³ .ha ⁻¹ , NI _r é o número de árvores removidas, em indivíduos.ha ⁻¹ , e IM representa o tempo decorrido entre a realização do manejo e a coleta de dados, em meses..... | 24 |
| Tabela 3 Área total e percentual de área amostrada em cada fragmento (F)..... | 34 |
| Tabela 4 Classes de altura da regeneração..... | 35 |
| Tabela 5 Total das regenerações, por parcela, em cada fragmento. Os valores entre parêntese indicam o número de regenerações extrapolado para o hectare. | 46 |
| Tabela 6 Número de regenerações estabelecidas (E), não estabelecidas (NE) e recrutadas (R) e o percentual de cada uma dessas categorias em cada parcela dos fragmentos (F) | 55 |
| Tabela 7 Densidade - DA (indivíduos.ha ⁻¹), área basal - G (m ² .ha ⁻¹), altura total média - HT (m) e diâmetro a altura do peito médio – DAP (cm) para cada parcela de cada fragmento (F) | 59 |
| Tabela 8 Densidade - DA (indivíduos.ha ⁻¹), área basal - G (m ² .ha ⁻¹), altura total média - HT (m) e diâmetro a altura do peito médio – DAP (cm) em cada fragmento (F) | 62 |
| Tabela 9 Densidade de regenerações estabelecidas - DE, não estabelecidas – DNE, recrutadas - DR e total - DT (indivíduos.ha ⁻¹) e valores de frequência das regenerações estabelecidas - FRE, não estabelecidas - FRNE, recrutadas - FRR e total - FT (%) em cada fragmento (F)..... | 63 |
| Tabela 10 Valores do teste de Shapiro-Wilk(W) para os índices da regeneração calculados por parcela em cada fragmento submetido ao manejo, onde Gl são os graus de liberdade e p-valor a probabilidade de rejeitar a hipótese nula, quando a mesma for verdadeira..... | 67 |
| Tabela 11 Densidade média, por parcela, das regenerações estabelecidas - DE, não estabelecidas - DNE, recrutadas - DR e total - DT (indivíduos/ha), e índices de estabelecimento - IE ₁ , de estoque - IE ₂ e estoque estabelecido – EE(indivíduos/ha), médio por parcela, em cada fragmento..... | 68 |

| | |
|--|----|
| Tabela 12 Valores das estatísticas obtidas no teste de Kruskal-Wallis (KW), para as variáveis densidade de regenerações estabelecidas – DE, densidade de regenerações não estabelecidas – DNE, densidade de regenerações recrutadas – DR e densidade total – DT (indivíduos/ha) e índices de estoque – IE ₂ e estoque estabelecido – EE (indivíduos/ha). Onde KW é o valor obtido com base na distribuição χ^2 , GL são os graus de liberdade e p-valor a probabilidade de rejeitar a hipótese nula, quando a mesma for verdadeira | 69 |
| Tabela 13 Resultados do teste de Kruskal-Wallis, ao nível de significância de 5 %, para as variáveis densidade de regenerações estabelecidas – DE, densidade de regenerações não estabelecidas – DNE, densidade de regenerações recrutadas – DR e densidade total – DT (indivíduos/ha) e índices de estoque – IE ₂ e estoque estabelecido – EE (indivíduos/ha) | 70 |
| Tabela 14 Parâmetros estimados para regeneração natural da candeia..... | 76 |
| Tabela 15 Parâmetros estimados para o estrato arbóreo de outras espécies nativas | 78 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 4 |
| 2.1 | A espécie <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeisch | 4 |
| 2.2 | Manejo florestal sustentável..... | 6 |
| 2.3 | Regeneração natural..... | 9 |
| 2.4 | Fatores que influenciam no desenvolvimento da regeneração..... | 11 |
| 2.5 | Amostragem | 15 |
| 2.6 | Geoestatística..... | 17 |
| 2.7 | Krigagem | 19 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 3.1 | Caracterização dos fragmentos | 22 |
| 3.2 | Caracterização geral do ambiente, conforme o zoneamento ecológico econômico de Minas Gerais ZEE - MG..... | 25 |
| 3.3 | Amostragem | 28 |
| 3.4 | Coleta dos dados..... | 34 |
| 3.5 | Análise exploratória dos dados..... | 35 |
| 3.6 | Análise da regeneração natural e do estrato arbóreo | 36 |
| 3.6.1 | Quantificação do estrato arbóreo | 36 |
| 3.6.2 | Quantificação da regeneração natural..... | 36 |
| 3.6.2.1 | Densidade de regenerações estabelecidas.ha ⁻¹ (DE)..... | 36 |
| 3.6.2.2 | Densidade de regenerações não estabelecidas.ha ⁻¹ (DNE)..... | 37 |
| 3.6.2.3 | Densidade de regenerações recrutadas.ha ⁻¹ (DR)..... | 37 |
| 3.6.2.4 | Frequência de regenerações estabelecidas em %(FRE) | 37 |
| 3.6.2.5 | Frequência de regenerações não estabelecidas em % (FRNE) . | 38 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.6.2.6 | Frequência de regenerações recrutadas em % (FRR)..... | 38 |
| 3.6.2.7 | Média ponderada das alturas (\bar{h})..... | 38 |
| 3.6.2.8 | Índice de estabelecimento (I_1)..... | 39 |
| 3.6.2.9 | Índice de estoque (I_2)..... | 39 |
| 3.6.2.10 | Estoque estabelecido (E_e)..... | 39 |
| 3.6.3 | Análise estatística..... | 39 |
| 3.7 | Espacialização da regeneração e do estrato arbóreo | 40 |
| 3.8 | Nível de competição da regeneração natural..... | 42 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 43 |
| 4.1 | Análise exploratória dos resultados | 43 |
| 4.1.1 | Aspecto qualitativo | 43 |
| 4.1.2 | Aspecto quantitativo | 45 |
| 4.1.3 | Aspecto espacial | 52 |
| 4.2 | Análise da regeneração natural e do estrato arbóreo | 55 |
| 4.2.1 | Quantificação da regeneração natural..... | 55 |
| 4.2.2 | Associação da regeneração natural com o estrato arbóreo..... | 58 |
| 4.2.3 | Estabelecimento da regeneração natural por fragmento | 63 |
| 4.2.4 | Estabelecimento da regeneração natural por parcela | 66 |
| 4.3 | Espacialização da regeneração natural e do estrato arbóreo..... | 74 |
| 4.4 | Nível de competição da regeneração natural..... | 85 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 91 |
| | REFERÊNCIAS..... | 93 |

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de muitos anos a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeisch) foi explorada de forma desordenada, sem seguir os critérios de um manejo que buscasse a minimização de impactos. Essa espécie, comum das regiões montanhosas de Minas Gerais, destaca-se pela alta resistência e durabilidade de sua madeira, além de produzir um óleo, cujo princípio ativo, o alfa-bisabolol, possui propriedades antiflogística, antimicóticas e dermatológica (PEDRALLI, 1997), fazendo com que a mesma apresente elevado potencial econômico.

Com a necessidade de regulamentar a atividade e evitar que a espécie entre na lista das ameaçadas de extinção, foi criada a portaria 01 de 5 de janeiro de 2007, que dispõe sobre as normas para elaboração e execução de um plano de manejo, para produção sustentada da candeia em Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2007).

Até o final do ano de 2009 foram apresentados cerca de 130 planos de manejo, para a candeia ao Instituto Estadual de Florestas (IEF). Estes representam uma área total manejada de 1.107,71 hectares e um volume de madeira extraída das áreas nativas em torno de 30.521,89 m³. Os planos de manejo abrangem 35 municípios das regiões sul e central de Minas Gerais, onde a espécie ocorre em maior intensidade.

Os estudos com candeia foram estimulados a partir de 2000, quando o LEMAF – UFLA aprovou projeto para viabilizar tanto o manejo sustentável da candeia nativa quanto estabelecer sistemas de produção através de plantios com essa espécie. Muito foi feito, porém muito há que se fazer para tornar a candeia uma opção comercial para os agricultores e empreendedores que dela desejarem usufruir. Desde essa data, vários trabalhos vêm sendo realizados, abordando estudos com a candeia, seja no âmbito ecológico, silvicultural, da tecnologia da

madeira, genético ou do próprio manejo, podendo-se citar os realizados por Andrade (2008), Barreira (2005), Braga (2006), Davide et al. (2008), Galdino et al. (2006); Mori et al. (2009), Moura (2005), Oliveira et al. (2009), Pereira (2008), Pérez (2001), Pérez et al. (2004), Santos et al. (2008), Scolforo et al. (2002), Scolforo, Oliveira e Davide (2003), Scolforo et al. (2004), Scolforo et al. (2008), Silva et al. (2008), Silva (2009), Siqueira (2002), Souza et al. (2007) e Tonetti (2004).

No caso do manejo sustentável, preconizado pelo LEMAF – UFLA, existe uma lacuna extremamente importante em relação à regeneração natural de candeiais, onde a prática de manejo foi realizada. Estudos neste sentido permitem verificar se de fato essa prática foi implementada de forma correta, assim como, também, avaliar sua eficácia, pois, segundo Paludo, Mantovani e Reis (2011), a manutenção de populações naturais é dependente do desenvolvimento de sua regeneração natural e o monitoramento e entendimento de sua dinâmica em remanescentes são fundamentais para o processo de recuperação (VALENTE; NEGRELLE; SANQUETTA, 2010). Além disso, conhecer a forma como a regeneração natural se estabelece espacialmente (PALUDO et al., 2009; PEREIRA; PÉLLICO NETTO; CARVALHO, 2006; VALENTE; NEGRELLE; SANQUETTA, 2010), em uma área manejada é fundamental, para embasar a condução da mesma e garantir a sustentabilidade do manejo, conforme é destacado por Silva et al. (2008).

Por ser uma espécie que exige intensa presença de radiação para o seu desenvolvimento, espera-se que a candeia apresente elevada regeneração nas áreas submetidas ao manejo, uma vez que é propiciada à abertura de clareiras e a característica heliófila, conferida a uma dada espécie, que sugere um alto potencial regenerativo na floresta, quando manejada (PEDRALLI, 1997; SCOLFORO et al., 2008).

Diferentes fatores podem afetar o desenvolvimento da regeneração natural em uma área submetida ao manejo, sendo que para Viani, Durigan e Melo (2010), a densidade de copas do estrato arbóreo influencia a quantidade de serapilheira acumulada sobre o piso florestal e esse parece ser um fator que afeta a regeneração. Já Valente, Negrelle e Sanquetta (2010) destacaram a existência de locais potencialmente mais adequados à influência da densidade de matrizes adultas, à porcentagem de cobertura da vegetação herbácea sobre o solo (CARNEVALE; MONTAGNINI, 2002; POWERS; HAGGAR; FISHER, 1997) e o grau de cobertura do dossel, além da fertilidade química do solo (SILVA JÚNIOR et al., 2004).

Mediante o exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar e analisar a sustentabilidade do manejo da espécie candeia, condicionada à intensidade e espacialização da regeneração natural, em cinco áreas submetidas ao sistema de manejo florestal com porta sementes, conforme as normas propostas pela portaria 01 de 05 de janeiro de 2007 (MINAS GERAIS, 2007).

Os objetivos específicos foram:

Realizar uma análise exploratória dos dados no aspecto qualitativo, quantitativo e espacial da regeneração natural da candeia.

Realizar a quantificação da regeneração natural da candeia, em diferentes classes de recrutamento e do estrato arbóreo.

Analisar a intensidade da regeneração natural da candeia, por meio de índices de densidade, frequência e estabelecimento e sua relação com o estrato arbóreo remanescente, altitude, predominância de candeia e idade de exploração em cada fragmento.

Analisar a dependência espacial e realizar o mapeamento da regeneração da candeia e de espécies nativas arbóreas por meio de técnicas de geoestatística;

Quantificar e espacializar o nível de competição da regeneração natural da candeia em cada fragmento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A espécie *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeisch

A espécie *Eremanthus erythropappus*, mais conhecida como candeia, pertence à família Asteraceae e ocorre em larga escala no Estado de Minas Gerais, sendo muito comercializada para produção de moirões de cerca, devido à alta durabilidade da madeira (SCOLFORO et al., 2008), e extração de óleo, cujo principal componente, o alfabisabolol, possui propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas (SCOLFORO et al., 2004).

Segundo Carvalho (1994), a candeia era classificada como pertencente ao grupo ecológico das pioneiras e considerada precursora na invasão de campos. Estudos realizados com essa espécie mostraram que a candeia é classificada também, como uma espécie ecótona, ocorrendo nas áreas de transição entre as matas semidecíduais e os campos abertos (cerrado) ou, também, os campos de altitude (SCOLFORO et al., 2004).

Uma característica marcante dessa espécie é a capacidade de desenvolvimento em sítios pouco favoráveis (PÉREZ et al., 2004), onde os solos predominantes são os cambissolos e os solos litólicos (CURI et al., 2008). Assim, essa espécie torna-se uma opção de renda nessas áreas, onde seria difícil a implantação de culturas agrícolas ou mesmo de alguma outra espécie florestal (SCOLFORO et al., 2008).

Seu recrutamento via banco de sementes no solo ocorre, principalmente, nas camadas de 0-10 cm, na presença de serrapilheira e nos tratamentos de plena radiação, sendo este último fator imprescindível para a germinação e o estabelecimento de seus indivíduos (PEDRALLI, 1997; SCOLFORO et al.,

2002). Resultados ecofisiológicos de um trabalho realizado por Pedralli (1997) mostrou que a candeia é fotoblástica positiva, sendo necessária a abertura de clareiras para que seja realizado o manejo da espécie (SCOLFORO et al., 2008).

É uma árvore cuja altura média varia de 5 a 7 m e com diâmetro médio entre 10 e 12 cm (SCOLFORO et al., 2008), podendo alcançar, em sítios especiais, 16 metros de altura e 65 cm de diâmetro (CORRÊA, 1931).

A densidade básica de sua madeira, que é branca ou acinzentada com grã mais escura (CORRÊA, 1931) situa-se entre 0,60 e 0,78 g.cm⁻³, com predominância desses valores entre 0,63 e 0,71 g.cm⁻³ e tendência de decréscimo no sentido base-topo, dentro de uma mesma classe diamétrica (PÉREZ et al., 2004; SCOLFORO et al., 2004).

O tronco dessa árvore possui uma casca grossa e cheia de fendas no fuste e nos galhos mais novos, a casca torna-se menos rústica. As folhas têm uma característica marcante, que é a dupla coloração: na parte superior são verdes e glabras e na parte inferior possuem um tom branco, tomentoso e são aveludadas (CORRÊA, 1931). As folhas são simples, opostas com pilosidade cinérea. As flores são hermafroditas e se apresentam em inflorescências de cor púrpura nas extremidades dos ramos (ARAÚJO, 1944). As características das folhas e da inflorescência facilitam a identificação da espécie mesmo à distância.

Florescem entre os meses de maio a agosto e o pico de floração ocorre no mês de julho, quando alguns indivíduos já começaram a frutificar, apresentando a dispersão de sementes entre os meses de agosto e outubro (SCOLFORO et al., 2008). O fruto é do tipo aquênio, com superfície cilíndrica e com dez arestas, de cor pardo-escuro, com aproximadamente 2 mm de comprimento. Cada fruto contém apenas uma semente (MACLEISCH, 1987).

Segundo Scolforo et al. (2008), a candeia ocorre, predominantemente, em áreas com altitude entre 1.000 e 1.500 m e sua ocorrência é fortemente influenciada por este fator.

Carvalho (1994) cita que a candeia ocorre na América do Sul, sendo encontrada no nordeste da Argentina, norte e leste do Paraguai e no Brasil. Segundo Pedralli, Teixeira e Nunes (1996), no Brasil, a candeia ocorre nos Estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro, podendo ser encontrado também nos estados de Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Distrito Federal (CARVALHO, 1994). Na região sul do estado de Minas Gerais, onde predominam os cambissolos e em sítios degradados a candeia ocorre em maior abundância (SCOLFORO et al., 2008).

2.2 Manejo florestal sustentável

O manejo florestal sustentável pode ser definido como o uso dos recursos florestais com o objetivo de obter desenvolvimento econômico, gerando benefícios para a sociedade e propiciando o mínimo de impacto ao ambiente natural. Conforme Scolforo (1998), o manejo florestal está centrado no conceito de utilização de forma sensata e sustentado dos recursos florestais, de modo que as gerações futuras possam usufruir pelo menos aos mesmos benefícios da geração presente. Este conceito é visto como uma prática, em que o enfoque maior é aumentar a qualidade do produto final, sua dimensão e se possível a sua quantidade, observando em todas as fases a viabilidade socioeconômica e ambiental do processo produtivo. Segundo a Organização Internacional das Madeiras Tropicais - OIMT (1992), o mesmo pode ser definido também, como o processo de gerenciamento permanente de áreas florestais, visando a produção de um fluxo contínuo de produto.

Essa ideia, conforme Coelho (1999) tem crescido muito juntamente com a popularização do termo desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade, que ocorreu após a divulgação do relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD (1990).

Segundo Unasyuva (1992), o termo “desenvolvimento sustentável” foi

introduzido em 1980, durante o debate da Estratégia Mundial para a conservação e somente difundido a partir de 1987, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Comissão de Bruntland), através do relatório “Nosso Futuro Comum”, que descreve o alarmante aumento da pobreza e da miséria em grande parte do mundo, como a maior causa e efeito das problemáticas ambientais. O relatório alerta quanto à necessidade de promover um desenvolvimento sustentável, definindo-o como “aquele capaz de atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades”, ou seja, usar do recurso sem esgotá-lo; ao contrário, fazê-lo perpetuar-se. A Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (1994) definiu desenvolvimento sustentável como sendo a ordenação e conservação da base de recursos naturais e a orientação da mudança tecnológica e institucional, de tal maneira que assegure uma satisfação contínua das necessidades humanas, para as gerações presentes e futuras e de serviços, sem efeitos indesejáveis sobre o meio físico e social.

Esse conceito de sustentabilidade conforme Scolforo (1998) contribui para a manutenção e utilização de maneira adequada dos recursos florestais. Diante disso, existe a necessidade de tomar decisões que atendam esse conceito e que permitam a aplicação de práticas ecologicamente sustentáveis, exigindo que a gestão das florestas seja feita, seguindo novos critérios (WAGNER et al., 2010), buscando compreender o comportamento das espécies e como as mesmas podem se adequar às mudanças submetidas e, conseqüentemente, do ambiente em que ocorrem (SILVA et al., 2012).

Estopa et al. (2006) cita que uma dessas mudanças é que após o manejo em uma área florestal fica evidente a formação de fragmentos, reduzindo o tamanho de grandes populações e alterando os processos ecológicos das espécies naturais que ali ocorrem. Como exemplo pode-se citar a *Araucária angustifolia*, que por passar por um processo de exploração indiscriminada, foi inserida na

lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (VALENTE et al., 2010).

No caso da candeia Souza et al. (2007) ressaltam a exploração desordenada dessa espécie devido ao seu alto potencial econômico, sendo necessária a aplicação de sistemas de manejo que reduzam o impacto no ambiente e favoreçam o desenvolvimento da espécie. Os sistemas de manejo mais aplicados para a candeia são o de corte em faixas, o sistema de seleção em grupos e o sistema com porta sementes (SCOLFORO et al., 2008), sendo este último o mais aplicado na prática.

Especificamente para a candeia, visando aproveitamento para fins comerciais, o manejo deve ser restrito a áreas de predominância da espécie (mínimo de 70% dos indivíduos devem ser candeia de acordo com a portaria 01 de 5 de janeiro de 2007) (MINAS GERAIS, 2007). O conjunto de métodos silviculturais, que mais se aproxima ao manejo desejável é o que se baseia no método de transformação via sucessão dirigida. Visando à comparação de variabilidade genética, em áreas manejadas e áreas não manejadas de candeia, Barreira (2005) concluiu em seu estudo que a espécie é passível de manejo e que esse não afetou a diversidade nessa geração, desde que sejam deixadas no mínimo 100 árvores porta sementes por hectare.

No sistema de manejo com árvores porta sementes, as árvores remanescentes, que serão fonte de sementes, devem ser mantidas não só, considerando uma distância mínima de 10 m (SCOLFORO et al., 2008) como também, o gradiente altitudinal (ESTOPA et al., 2006), obedecendo a uma exploração compromissada com a minimização de impactos (SCOLFORO et al., 2008) e considerando a ecologia da espécie (SOUZA et al., 2007).

2.3 Regeneração natural

A regeneração natural é a forma mais antiga de renovação de uma floresta e essa expressão tem um conceito de avaliação muito amplo (SCHORN; GALVÃO, 2006). Esse processo é elemento importante na evolução de uma espécie arbórea e está intimamente correlacionada com o ambiente em que a mesma se desenvolveu (SEITZ; JANKOVSKI, 1998).

Algumas espécies são manejadas sem levar em consideração os critérios ecológicos (WAGNER et al., 2010), sendo estes extremamente importantes para o sucesso da regeneração. Conforme Paludo, Mantovani e Reis (2011), a manutenção de populações naturais é dependente do desenvolvimento de sua regeneração natural e o monitoramento e entendimento da dinâmica natural em remanescentes são de fundamental importância para conservação e propor ações de manejo (VALENTE; NEGRELLE; SANQUETTA, 2010).

Vários trabalhos (ALENCAR et al., 2011; BACE et al., 2012; BARNETT; BAKER, 1991; BONCINA; DIACI; CENCIC, 2002; BOYER; WHITE, 1989; BRASSIOLO, 1988; CAIN; BARNETT, 1990; CHAMI et al., 2011; EVARISTO; BRAGA; NASCIMENTO, 2011; FERREIRA et al., 2009; GOTMARK et al., 2005; HASENAUER; KINDERMANN, 2002; MACHADO et al., 2001; MODNA; DURIGAN; VITAL, 2010; OLIVEIRA; SOUSA; RADOMSKI, 2011; ONOFRE; ENGEL; CASSOLA, 2010; PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011; RODRIGUES; MARTINS; BARROS, 2004; ROONEY; SOLHEIMB; WALLER, 2002), buscando compreender como a regeneração de diferentes espécies, em diferentes condições de ambientes se desenvolvem e quais os possíveis fatores podem afetar nesse desenvolvimento. No entanto, boa parte desses estudos são realizados simplesmente no sentido de quantificar a regeneração natural de espécies florestais em áreas intactas ou após

terem sido manejadas, sem permitir uma recomendação de plantas por hectare que caracterize a regeneração satisfatória (WENGER; TROUSDELL, 1958), uma vez que a quantidade de indivíduos regenerantes é variável com o ambiente (PALUDO et al., 2009).

De acordo com Barnett e Baker (1991), um povoamento de *Pinus taeda*, com regeneração natural satisfatória deve ter, no mínimo, 2.470 plantas.ha⁻¹ liberadas e bem distribuídas. Cain e Barnett (1990) relatam que na regeneração natural de *Pinus taeda*, a densidade satisfatória fica entre 2.470 e 12.350 plantas.ha⁻¹, conforme o sítio e o objetivo. Segundo Boyer e White (1989), para *Pinus palustris* no método de porta-sementes, a regeneração natural deve atingir pelo menos 14.820 plantas/ha com um ano de idade.

Já para Schweiger e Sterba (1997), por exemplo, um número mínimo de 2.500 indivíduos por hectare garante o estabelecimento da regeneração de *Picea abies* (L.) Karst. Esse valor, também, foi destacado por Andrade (2008) para a regeneração natural da candeia e é recomendada, após a realização de um desbaste aos dois anos, para a redução da competição, que sejam deixadas essa quantidade de 2.500 regenerações por hectare (PÉREZ et al., 2004).

Nesse conceito de redução da competição em áreas sob processo de regeneração, Machado et al. (2001) concluíram que para povoamentos oriundos da regeneração natural, após a queima dos resíduos da exploração, como é o caso da bracatinga (*Mimosa scabrella*), a densidade inicial é muito alta (entre 10 e 40 mil plantas por hectare), mesmo após o raleamento ocorrido durante as capinas. Este número elevado inclui muitas plantas pequenas, que não chegarão à idade de corte final, mas que prejudicam o crescimento daquelas que alcançarão a idade de rotação (6 a 8 anos), competindo por radiação, água e nutrientes, até que definitivamente morram. Assim, um raleamento mais intenso é recomendado, por possibilitar aumento em produtividade das árvores remanescentes.

Para a candeia, Pérez (2001) realizou estudo com o objetivo de definir uma opção de manejo e concluiu que, por ser uma espécie altamente exigente em radiação, sua germinação é intensa desde que sejam observadas as seguintes condições: a semente deve estar em contato direto com o solo, deve receber radiação direta e água das chuvas na sequência. É essencial que, após a exploração do candeal e antes da próxima dispersão de sementes, o solo seja limpo e escarificado, de forma a propiciar a ocorrência de uma intensa regeneração, ocupando todos os espaços vazios existentes na área.

2.4 Fatores que influenciam no desenvolvimento da regeneração

Cada tipo de regeneração surge na dependência de numerosas pré-condições, que frequentemente diferem muito de uma espécie arbórea para outra. Em todos os casos, são indispensáveis as seguintes condições: presença de sementes viáveis em quantidade suficiente e condições edafo-climáticas à altura das exigências de germinação e crescimento (LAMPRECHT, 1990).

São vários os fatores que podem influenciar no desenvolvimento e estabelecimento da regeneração natural em ecossistemas florestais, o que torna estudos fundamentais no entendimento do funcionamento desses ecossistemas, para melhor manejá-los e para promover a recuperação e a manutenção desses ambientes, inserindo-os no contexto do desenvolvimento sustentável a partir da utilização racional de seus recursos (VENTUROLI; FELFILI; FAGG, 2011).

Pinto (2002) e Van Den Berg (2001) citam que mudanças na intensidade e qualidade da radiação, na umidade e temperatura do solo e do ar, nas propriedades do solo, além das variações topográficas e as perturbações naturais e antrópicas, afetam a composição das espécies e a dinâmica da comunidade. Da mesma forma, outros processos, como: competição, polinização, dispersão de

sementes e, ou, predação, também são determinantes neste processo de mudança temporal da vegetação.

Dentro de uma faixa geográfica de uma espécie, as condições ambientais variam ao longo de gradientes e criam fatores que afetam na distribuição espacial e que podem limitar o estabelecimento da regeneração. O estabelecimento e recrutamento de árvores podem variar de acordo com mudanças na altitude (BLOCK; TRETER, 2001; PENUELAS et al., 2007; WANGDA; OHSAWA, 2006), variação de atributos do solo (LIMA; SOUZA; SILVA, 2010; SILVA et al., 2012; SILVA JÚNIOR et al., 2004), nível de cobertura do dossel (FELTON et al., 2006; GUILHERME, 2000; ANTOS; PARISH, 2004; TABARELLI; MANTOVANI, 1999; VIANI; DURIGAN; MELO, 2010), disponibilidade luminosa (CARNEVALE; MONTAGNINI, 2002; GUILHERME, 2000; TABARELLI; MANTOVANI, 1999; VENTUROLI; FELFILI; FAGG, 2011) dentre outros fatores.

Este tipo de conhecimento ecológico é fundamental para a conservação e utilização sustentável de ecossistemas (CULLEN et al., 2001; GOLDBLUM; RIGG, 2002; WANGDA; OHSAWA, 2006), permitindo compreender como a regeneração de espécies florestais tende a se estabelecer, contribuindo para melhores ações de manejo.

Para Viani, Durigan e Melo (2010), a densidade de copas do estrato arbóreo influencia a quantidade de serrapilheira acumulada sobre o piso florestal e esse parece ser um fator que afeta a regeneração. Já Valente, Negrelle e Sanquetta (2010) destacaram a existência de locais potencialmente mais adequados à influência da densidade de matrizes adultas, à porcentagem de cobertura da vegetação herbácea sobre o solo (POWERS; HAGGAR; FISHER, 1997; CARNEVALE; MONTAGNINI, 2002) e o grau de cobertura do dossel, além da fertilidade química do solo (SILVA JÚNIOR et al., 2004).

No caso da altitude, Dang et al. (2010) destacam que os estudos ao longo de um gradiente são úteis para a compreensão da relação entre fatores ambientais e da dinâmica da população, sendo que para a candeia esse é um fator de muita relevância (MORI et al., 2009; SCOLFORO, et al., 2008).

Quanto ao solo, Gómez-Pompa e Vazquez-Yanes (1981) comentam que o estabelecimento de espécies pioneiras pode ser afetado pela disponibilidade de nutrientes no mesmo. Este comportamento foi observado por Venturin et al. (2005) ao estudar o desenvolvimento de mudas de candeia em casa de vegetação, sob diferentes situações de adubação. O autor verificou que em condições de baixa fertilidade do substrato, não houve produção de matéria verde.

Além disso, a candeia apresenta diferentes estratégias de desenvolvimento, sob condições de solo com baixa fertilidade, sendo esse efeito refletido na relação raiz/parte aérea (VENTURIN et al., 2005).

Em todos os casos, o sombreamento parece ser o fator mais relacionado ao desenvolvimento de espécies exigentes a radiação (CARNEVALE; MONTAGNINI, 2002), conforme detectado por Bone, Lawrence e Magombo (1997) e Powers, Haggard e Fisher et al. (1997). No entanto, poucos são os estudos que se propuseram a definir o espectro de intensidade de radiação que favorece à regeneração, conforme destaca Paludo, Mantovani e Reis (2011) para a Araucária, que também ressalta a importância da continuidade do acompanhamento da população e que a avaliação de questões de microambiente podem ajudar a esclarecer o comportamento da espécie no local estudado. Além disso, a abertura do dossel das florestas é um dos distúrbios que favorecem a dinâmica da regeneração natural e apresenta um papel importante nesse processo (ANTOS; PARISH, 2004).

Modna, Durigan e Vital (2010), estudando a regeneração da vegetação ripária em região de cerrado sob *Pinus elliotti* em diferentes densidades,

verificou correlação direta entre a densidade das árvores plantadas e a densidade e a riqueza da regeneração.

Segundo Guilherme (2000) existe uma correlação negativa entre a densidade de regenerações de espécies e o nível de cobertura do dossel, que é determinado pela presença de indivíduos arbóreos, indo de encontro aos resultados obtidos por Tabarelli e Mantovani (1999), que encontraram uma relação negativa entre a cobertura do dossel e a densidade de espécies pioneiras.

Estudando a influência de fatores do ambiente no desenvolvimento da regeneração natural de espécies, Venturoli, Felfili e Fagg (2011) perceberam que o sombreamento, a declividade e a cobertura do solo foram significativos no desenvolvimento da regeneração. Além do mais, espécies juvenis tolerantes à sombra, que ocorrem no sub-bosque podem dominar a regeneração, simplesmente por estarem lá no momento da abertura da clareira, reduzindo a vantagem competitiva das espécies pioneiras (FELTON et al., 2006).

Schorn e Galvão (2006) destacaram que a medida que o dossel de uma floresta foi ocupado e aumentou o sombreamento do solo, houve a redução do percentual da taxa de ingresso de pioneiras de 31,05 para 4,07 %. Esse mesmo efeito foi percebido por Page, Cameron e Clarke (2001), analisando o excesso de cobertura no dossel na regeneração natural de *Sitka spruce*. Segundo o mesmo autor, a área basal tem influência no crescimento e na densidade da regeneração natural, no entanto, essa característica pareceu ser específica do local e estudos adicionais são necessários para determinar se as relações se aplicam a outras áreas.

No caso da candeia, por ser uma espécie que exige a presença de radiação (SILVA, 2001) para o seu desenvolvimento, espera-se que esta apresente intensa regeneração nas áreas submetidas ao manejo, uma vez que é propiciada à abertura de clareiras, conforme destaca Chami et al. (2011),

afirmando que a característica heliófila, conferida a uma dada espécie, sugere um alto potencial regenerativo na floresta, quando manejada.

No trabalho realizado por Silva (2001) foram avaliadas cinco áreas de candeia, sob diferentes situações de predominância da espécie e de ambiente. Concluiu-se que, quando existe uma grande quantidade de outras espécies, ocorrendo juntamente com a candeia e, a medida que essas espécies crescem, o candeal tende a desaparecer, pelo fato de começar a faltar radiação para a candeia, além do que o padrão espacial, bem como o estágio sucessional, pode ser explicado pelas variações na topografia e nos solos.

Conforme Capretz (2004), o padrão espacial de indivíduos em uma floresta é influenciado por variáveis abióticas e bióticas, sendo as principais variáveis abióticas representadas pelo relevo, a disponibilidade de radiação, nutrientes e água e caracterização do solo. Já as principais variáveis bióticas compreendem os processos dependentes da densidade, tais como a competição intraespecífica e interespecífica, a herbivoria, a ocorrência de doenças, a fenologia e dispersão de sementes. Assim, torna-se importante compreender como esses fatores influenciam, também, no comportamento espacial (SILVA et al., 2008) da regeneração natural.

2.5 Amostragem

Segundo Barnard (1950), para saber o tipo de amostragem a ser utilizada é preciso ações de mapeamento da regeneração com o objetivo de aplicar o método de acordo com o seu desenvolvimento, distribuição e grau de concorrência, pois, conforme Viani, Durigan e Melo (2010), diferenças na densidade de regeneração natural apontadas em alguns trabalhos são decorrentes, não apenas de diferentes potenciais de regeneração, mas também de variações de amostragem (tamanho da área e critério de inclusão) e no esforço amostral empregado. Além disso, por existir uma heterogeneidade espacial e

temporal da comunidade de plântulas, recomenda-se que estudos que busquem novas formas de amostragem, de modo a diminuir a influência dessa heterogeneidade na análise de áreas submetidas a diferentes tratamentos (VIANI; RODRIGUES, 2008).

Estudos ecológicos apontam que, se não todas, a maioria das comunidades são espacialmente estruturadas e que os métodos de amostragem devem ser robustos, para detectar diferentes níveis de autocorrelação espacial (GOSLEE, 2006).

Para a candeia, Silva et al. (2008) recomenda que para captar a variabilidade espacial dos indivíduos regenerantes, deve-se adotar procedimentos de amostragem que garantam boa representatividade espacial da área, sendo aqueles com caráter de sistematização das unidades amostrais os mais recomendados para espécies com padrão agregado (PALUDO; MANTOVANI; REIS, 2011).

Quanto à forma das unidades amostrais, parcelas com formato circular propiciam maior praticidade de alocação em alguns casos e pode ser uma opção para povoamentos de menor diversidade, como é o caso dos candeais. Como exemplo de utilização desse tipo de parcelas em florestas naturais, pode-se citar Schweiger e Sterba (1997), utilizando parcelas circulares de 300 m² para quantificar a regeneração natural de *Picea abies* (L.) Karst. durante o inventário florestal nacional da Áustria e, Silva et al. (2012) em estudos com regeneração. Além disso, Lexerod e Eid (2005) utilizaram parcelas circulares de 250 m² para estudar o recrutamento de espécies na Noruega e, Pausas, Ribeiro e Vallejo (2004) aplicaram parcelas circulares com raio de 10 m, para avaliar a variabilidade de desenvolvimento da regeneração natural de *Pinus halepensis*, após a incidência de fogo na região leste da Península Ibérica.

2.6 Geoestatística

O termo Geoestatística etimologicamente designa o estudo estatístico de fenômenos naturais. Foi utilizado originalmente por Matheron, em 1963, que o definia como “a aplicação do formalismo de funções aleatórias no conhecimento e estimativa de fenômenos naturais”. De acordo com Isaaks e Srivastava (1989), a teoria fundamental da Geoestatística prega que, em média, espera-se que unidades amostrais próximas no espaço (ou no tempo) sejam mais similares entre si do que as que estiverem distantes. Além disso, compreender a correlação entre unidades amostrais, antes de tomar alguma conclusão, é essencial no estudo de qualquer fenômeno. O grau com que as unidades amostrais são semelhantes entre si é dado pela autocorrelação espacial e esta pode ser medida por meio do estudo variográfico.

Um variograma é, em geral, uma função crescente da distância (h), uma vez que, em média, a diferença entre os valores observados de dois pontos tende a aumentar com o aumento da distância que os separa. Quanto mais rápido for o crescimento do variograma, menor será a influência de uma amostra sobre a zona vizinha. Segundo Ribeiro Júnior (1995), o Semivariograma é o método preferido para caracterizar a estrutura descontinuidade espacial de variáveis regionalizadas devido à sua característica de exigir hipóteses de estacionariedade menos restritivas (Hipótese Intrínseca). Conforme destaca Rodriguez (2004), existem basicamente três tipos de variograma:

I – Variograma observado ou experimental: obtido a partir de amostras, é o único conhecido.

II – Variograma teórico: também chamado de variograma ajustado, é aquele obtido a partir dos modelos de referência.

III – Variograma verdadeiro: é o variograma real, sempre desconhecido.

O objetivo principal de uma análise estrutural ou variográfica é ajustar um variograma teórico sobre o variograma experimental, de forma a se modelar o variograma verdadeiro. Dentre os modelos teóricos que existem, destacam-se: O Gaussiano, o exponencial, o potencial, o logaritmo, o esférico, dentre outros.

Normalmente um variograma é composto por uma região ascendente (região geoestatística) e uma região estacionária (região estatística). A região estatística é a região das variáveis aleatórias; a região Geoestatística é a região das funções aleatórias.

É comum associarem-se os valores do variograma ($2\gamma(h)$) aos valores do semivariograma ($\gamma(h)$), ou seja, quando se fala em ajuste de variogramas, na realidade se ajusta o semivariograma.

O semivariograma é o método estatístico que permite descrever quantitativamente a variação no espaço ou correlação espacial, como função da distância entre unidades de amostra. De acordo com Duarte (2000), o semivariograma é o método geoestatístico para diagnosticar a presença da correlação entre as unidades amostradas. Segundo Yamamoto (2001), a semi variância é uma medida de variância das diferenças, entre valores da variável regionalizada em pontos separados por uma distância h . Pontos mais próximos estão mais correlacionados e a variância é pequena. Ao aumentar a distância entre pares de pontos, o valor da variância tende a crescer.

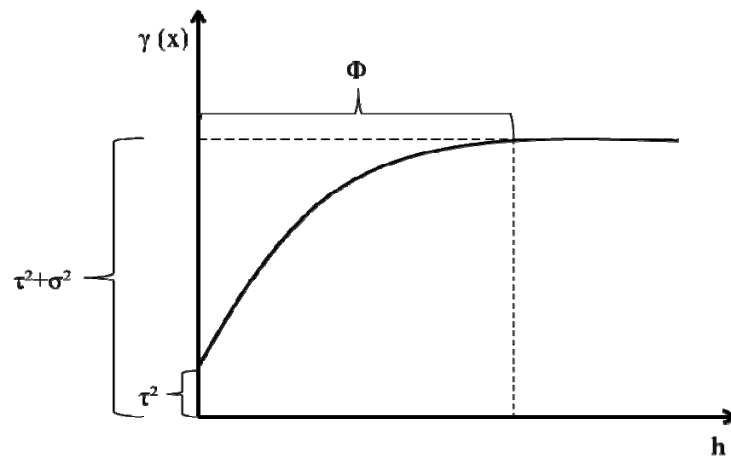


Figura 1 Semivariograma teórico em que “ ϕ ” é o alcance da função, $\tau^2 + \sigma^2$ é o patamar e τ^2 é o efeito pepita

Segundo Vieira (2000), o efeito pepita ou nugget (representado normalmente por τ^2) é a variação aleatória ou não estruturada do processo. A variação estruturada (σ^2) ou contribuição ou “sill parcial” representa o quanto da variação total ($\tau^2 + \sigma^2$) pode ser explicada pela componente espacial. Segundo Miguel (2000), quanto menor o efeito pepita, melhor será a estimativa no processo de krigagem.

Conforme Aubry e Debouzie (2001), o efeito pepita é alto em estudos que envolvem variáveis ecológicas. O alcance (“a” ou ϕ) é outro parâmetro importante na variografia. Ele mostra a distância máxima até onde existe correlação espacial. O alcance reflete o grau de homogeneização entre unidades de amostra, ou seja, quanto maior o alcance, maior será a homogeneidade entre estas (MIGUEL, 2000; YAMAMOTO, 2001).

2.7 Krigagem

De acordo com Rodriguez (2004), os métodos convencionais de interpolação para variáveis regionalizadas não consideram a variabilidade dessas

variáveis. Nos métodos de Inverso da Potência da Distância, por exemplo, não há como saber, calcular ou mesmo fazer inferências sobre a potência mais correta a ser usada, ou qual a distância de influência a ser observada. Com isso, os resultados são frequentemente “melhorados” por fatores experimentais, quando se percebe que o valor estimado difere do valor real. A Geoestatística parte do princípio em que a essência de qualquer estimativa não é apenas reproduzir um número pontual, mas também fornecer indicativos de como o valor real pode variar, em relação ao valor estimado. Nesse contexto, o método da krigagem foi desenvolvido, para suprir a necessidade de uma medida da acuracidade das estimativas, assegurando o menor erro possível. Este método foi desenvolvido por Matheron, na década de 60 e recebeu o nome de krigagem em homenagem ao Engenheiro de Minas sul-africano Daniel G. Krige, que primeiro desenvolveu e implementou esta fórmula de inferência, em 1951. Krige (1951), trabalhando com dados de mineração de ouro, concluiu que, as variâncias obtidas através da abordagem clássica de amostragem, não faziam sentido se não considerasse as distâncias entre as amostras, Foi então que Matheron (1963), baseado nestas observações, desenvolveu a teoria das variáveis regionalizadas.

Segundo Environmental Systems Research Institute - ESRI (2001), a krigagem é um interpolador geoestatístico, ou seja, utiliza propriedades estatísticas e estimativas da configuração espacial dos pontos amostrados, para a estimativa do ponto desejado. A técnica de krigagem baseia-se no estudo da variabilidade espacial da característica de interesse. De acordo com Journel e Huijbregts (1978), a técnica da krigagem é superior aos demais interpoladores por permitir calcular o erro associado a cada estimativa (variância da krigagem). Rodriguez (2004) acrescenta que a variância da krigagem está associada ao erro de uma combinação linear e, para o caso especial da geoestatística, determina-se o conjunto ótimo de ponderadores que minimizem a variância, sujeito à condição de não-enviesamento. Por isso, os estimadores de krigagem são

conhecidos como estimadores “BLUE” (Best Linear Umbiased Estimator) de um atributo espacial desconhecido, bastando que a variável regionalizada em estudo apresente um momento de segunda ordem, variograma ou covariância.

Na literatura, poucos são os trabalhos (ANJOS; MAZZA; SANTOS, 2004; HIGUCHI et al., 2011; MELLO et al., 2006; ODA-SOUZA et al., 2010; SOUZA et al., 2010), que retratam o comportamento de áreas com vegetação, principalmente nas de florestas naturais, quanto ao aspecto espacial, sendo importante este tipo de estudo, para compreender melhor a ecologia de áreas com florestas nativas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Destaca-se que em todas as áreas foi aplicado o sistema de manejo com porta sementes e realizada a escarificação¹ do solo, conforme regulamenta a portaria 01 de 5 de janeiro de 2007, com o objetivo de favorecer o desenvolvimento da regeneração natural após a realização do manejo (MINAS GERAIS, 2007).

3.1 Caracterização dos fragmentos

A figura 2 mostra a área de ocorrência da candeia em Minas Gerais, indicando que a mesma predomina, principalmente, na região sul do estado.

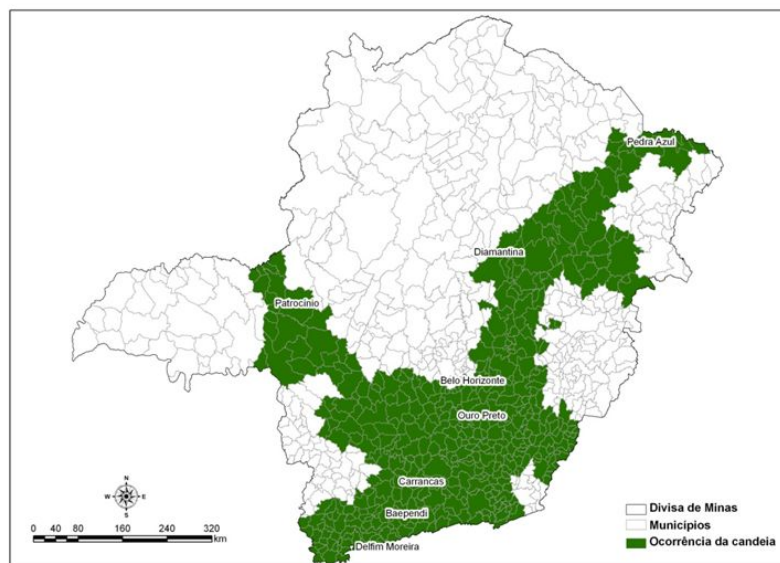


Figura 2 Área de ocorrência da candeia em Minas Gerais

¹Limpeza do solo realizada no formato de círculos com 60 cm de raio a cada 2 m no terreno.

Todas as cinco áreas de estudo estão localizadas na região sul de Minas Gerais, abrangendo diferentes municípios e manejadas em épocas diferentes.

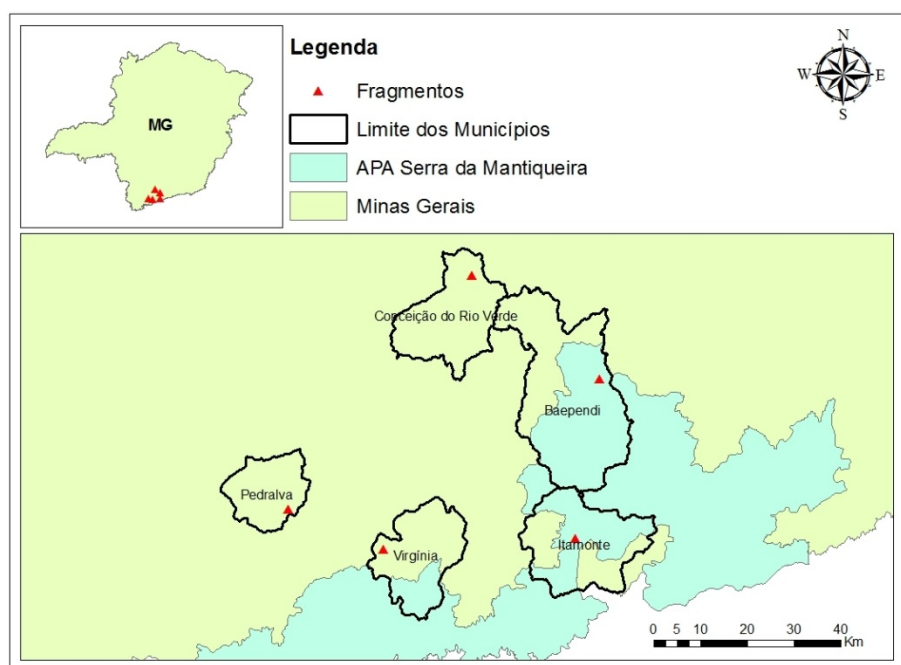


Figura 3 Localização das áreas de manejo e limites territoriais dos respectivos municípios

É importante ressaltar que apenas os fragmentos manejados nos municípios de Baependi e Itamonte se encontram dentro da Área de Proteção Ambiental Serra da Mantiqueira. Além disso, nas áreas de Virgínia e Itamonte, foram feitos os raleamentos da regeneração, após 40 meses, para propiciar a redução da competição.

A Tabela 1 contém as informações básicas referentes à localização e aspectos edafoclimáticos de cada fragmento (F) submetido ao manejo e avaliado no presente estudo. As informações de precipitação e temperatura foram extraídas de Carvalho et al. (2008), por meio de dados originados das normais

climatológicas obtidas de 1961 a 1990. Já a classificação do solo foi realizada, conforme o mapa de solos de Minas Gerais (Versão 2011).

Tabela 1 Caracterização dos fragmentos (F). Onde Lat e Lon são as coordenadas geográficas, A representa a altitude, em m, P a precipitação anual média, em mm e T a temperatura média anual, em °C

| F | Município | Lat | Lon | A | P | T | Solo Predominante |
|---|------------------------|-------------|-------------|------|-------|----|--------------------|
| 1 | Baependi | 21°59'04" S | 44°45'16" W | 1450 | 1.700 | 17 | Cambissolo Húmico |
| 2 | Pedralva | 22°16'48" S | 45°24'20" W | 1400 | 1.700 | 17 | Argissolo Vermelho |
| 3 | Conceição do Rio Verde | 21°49'03" S | 45°03'23" W | 950 | 1.600 | 17 | Neossolo Litólico |
| 4 | Virgínia | 22°20'04" S | 45°11'29" W | 1620 | 1.700 | 16 | Cambissolo Háplico |
| 5 | Itamonte | 22°16'45" S | 44°46'24" W | 1750 | 1.700 | 16 | Cambissolo Húmico |

A Tabela 2 mostra as características biométricas de cada fragmento. Estas foram retiradas dos planos de manejo encaminhados para avaliação da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Instituto Estadual de Florestas (IEF). Após esta avaliação e vistoria técnica realizada em campo é que os planos foram aprovados para serem implementados, pois atendiam a exigência de predominância mínima de 70 % de candeia, conforme exige a portaria 01 de 5 de janeiro de 2007 (MINAS GERAIS, 2007).

Tabela 2 Características biométricas dos fragmentos (F) manejados. Onde Pred representa a predominância inicial de candeia, em %, D é a densidade de indivíduos de candeia antes da exploração, em indivíduos.ha⁻¹, V_t é o volume quantificado na área, em m³.ha⁻¹, V_e é o volume explorado, em m³.ha⁻¹, NI_r é o número de árvores removidas, em indivíduos.ha⁻¹, e IM representa o tempo decorrido entre a realização do manejo e a coleta de dados, em meses

| F | Município | Área | Pred | D | V _t | V _e | NI _r | IM |
|---|------------------------|------|-------|---------|----------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | Baependi | 8,5 | 94,9 | 836,1 | 49,66 | 34,74 | 585,27 | 8 |
| 2 | Pedralva | 1,19 | 78,91 | 1401,28 | 53,46 | 37,42 | 980,90 | 24 |
| 3 | Conceição do Rio Verde | 5,28 | 81,05 | 1001,31 | 33,31 | 23,32 | 700,91 | 36 |
| 4 | Virgínia | 7,03 | 86,82 | 1417,50 | 86,49 | 60,55 | 992,25 | 44 |
| 5 | Itamonte | 2,44 | 100 | 3197,00 | 165,09 | 99,05 | 1918,00 | 59 |

3.2 Caracterização geral do ambiente, conforme o zoneamento ecológico econômico de Minas Gerais ZEE - MG

As figuras de 4 a 8 mostram a caracterização do ambiente nas cinco áreas manejadas, conforme Carvalho et al. (2008) e Curi et al. (2008) na descrição do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais – Componente Geofísico e Biótico.

Pode-se perceber que o fragmento 3, no município de Conceição do Rio Verde, é o que apresenta características diferenciadas dos demais fragmentos. Essa é a única área com solo e clima diferente das demais, média decomposição da matéria orgânica do solo e alta vulnerabilidade à contaminação do solo. É importante destacar que essa é uma classificação em macro escala, caracterizando o que predomina na região.

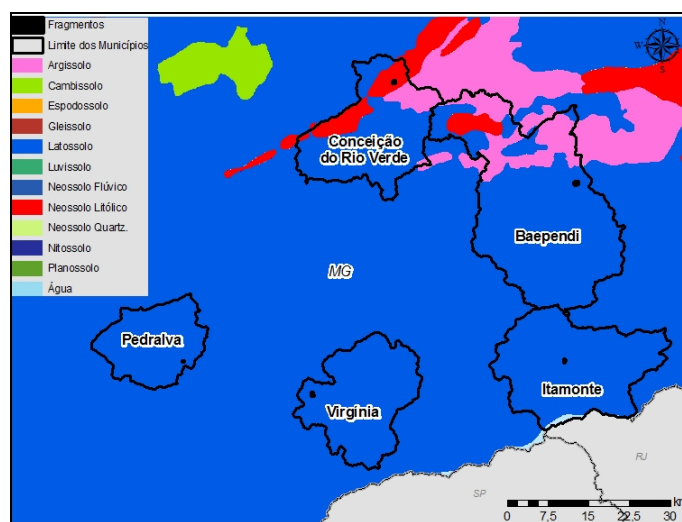


Figura 4 Caracterização dos tipos de solos predominantes nas áreas de estudo

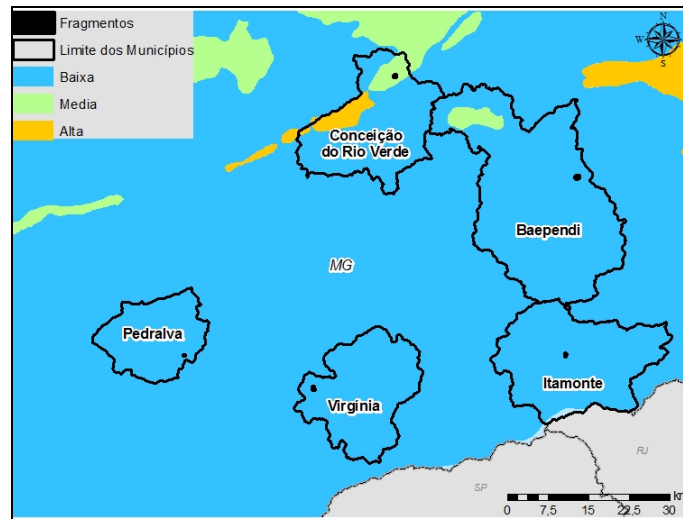


Figura 5 Caracterização da decomposição da matéria orgânica do solo nas áreas de estudo

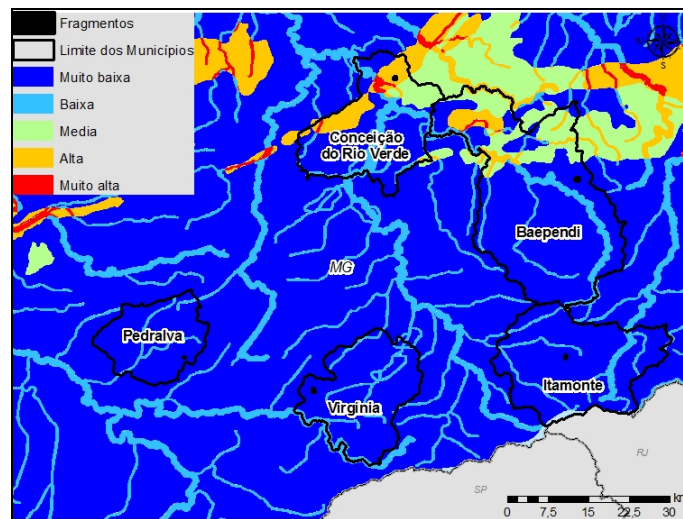


Figura 6 Caracterização vulnerabilidade a contaminação do solo nas áreas de estudo

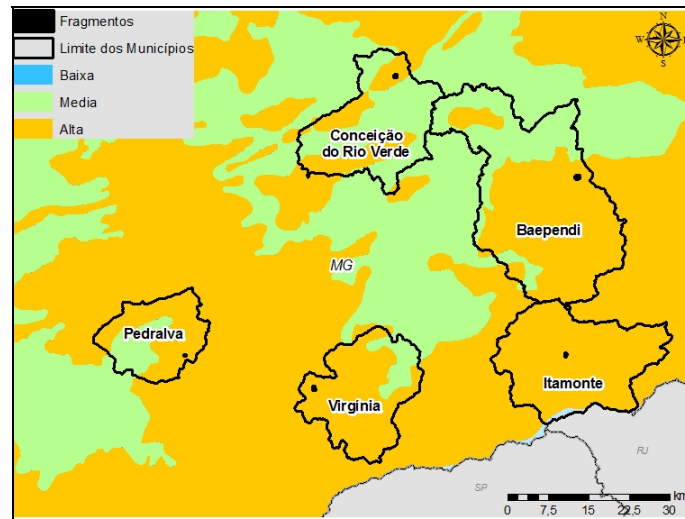


Figura 7 Caracterização do grau de compactação do solo nas áreas de estudo

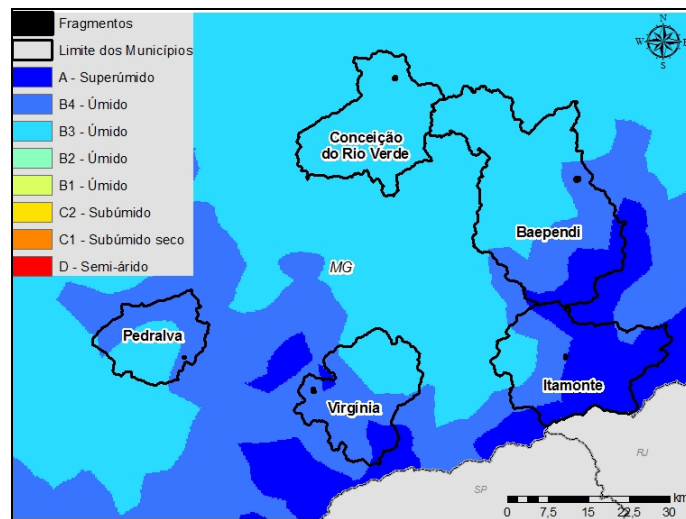


Figura 8 Caracterização dos tipos de clima nas áreas de estudo

3.3 Amostragem

Na amostragem, foi admitida a intensidade amostral mínima de 5 % da área total em cada fragmento. Assim, obteve-se o número de parcelas a serem alocadas em cada área e a distância entre as unidades amostrais, considerando uma distribuição sistemática. As parcelas foram alocadas em campo na forma de polígono regular de 12 lados (dodecágono) e centradas em uma árvore porta semente. A área total de cada parcela foi de 300 m² e esta foi subdividida em 12 subparcelas, com formato de triângulo isósceles e área de 25 m² cada. A partir do centro da parcela foi construído um plano cartesiano com o eixo vertical direcionado no sentido norte, para facilitar a orientação de coleta de dados e propiciar a coleta de coordenadas cartesianas das variáveis mensuradas. As Figuras 9 e 10 ilustram a distribuição das parcelas no fragmento e o formato da mesma, respectivamente.

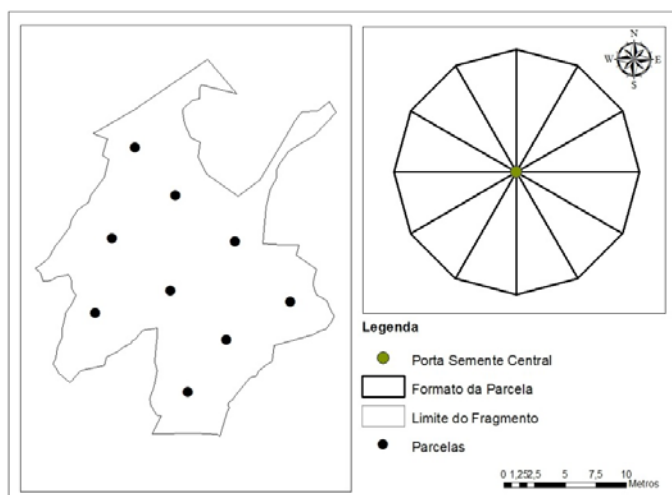


Figura 9 Distribuição sistemática das parcelas no fragmento e formato dodecagonal da parcela

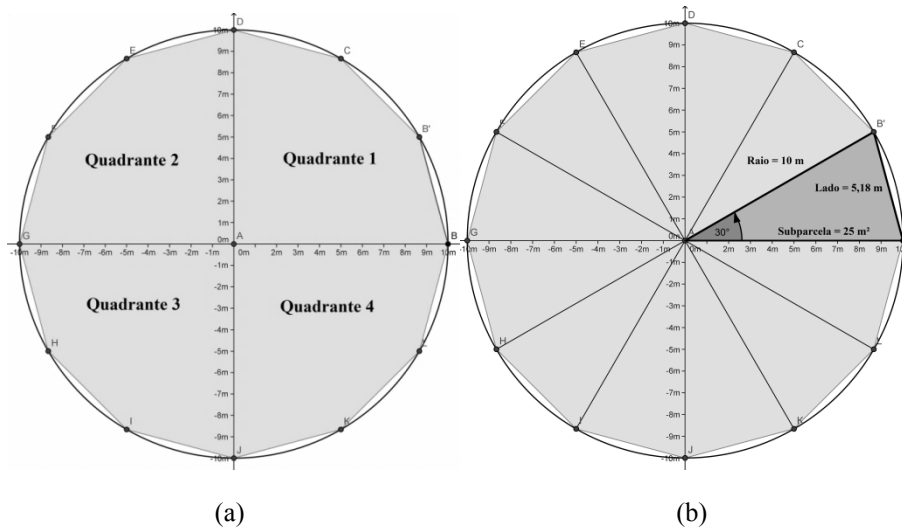


Figura 10 Detalhamento interno da parcela com destaque para os quadrantes (a) e as subparcelas (b)

As formulações utilizadas para caracterizar as dimensões da parcela e amostragem em cada fragmento são descritas a seguir:

Como a parcela é formada por um polígono regular de 12 lados (decágono) tem-se então um conjunto de 12 triângulos isósceles, ou seja, com dois lados iguais e dois ângulos iguais. Aplicando a lei dos senos em um triângulo (subparcela) é possível calcular o valor da base do mesmo, o que corresponde ao lado do dodecágono (parcela).

$$l = r \left(\frac{\text{sen } 30^\circ}{\text{sen } 75^\circ} \right)$$

em que

l = lado da parcela

r = raio da circunferência circunscrita no polígono (distância do centro até um dos vértices da parcela)

$\text{sen } 30 = 0,50$

$\text{sen } 75 = 0,96$

Foi definido o raio de 10 m devido à portaria do IEF 001/2007, que regulamenta o manejo da candeia em Minas Gerais, exigir uma distância máxima de 10 m entre porta sementes. Assim, é possível quantificar outras árvores portas sementes, além da central, numa mesma parcela e captar a variabilidade de ocorrência da regeneração natural na distância entre essas árvores (MINAS GERAIS, 2007).

Com base no teorema de Pitágoras foi possível calcular a altura (h) do triângulo e por meio dessa a área da subparcela (A_s).

$$h = \sqrt{r^2 - l^2}$$

$$A_s = \frac{l \cdot h}{2}$$

Como a parcela é composta por 12 subparcelas, a área total da mesma (AP) é obtida da seguinte forma:

$$AP = n_s \cdot A_s$$

em que

n_s = número de subparcelas

Assim, é possível obter o número mínimo de parcelas a serem instaladas na área (n_{min}):

$$n_{min} = 0,05 \left(\frac{AT}{AP} \right)$$

em que

AT = área total do fragmento (m^2)

AP = área da parcela (m^2)

O número de parcelas alocadas em campo (n) foi definido por meio do arredondamento para cima do valor obtido em n_{\min} .

O percentual de área amostrada foi definido pela seguinte formulação:

$$AA = \left(\frac{n \cdot AP}{AT} \right) \cdot 100$$

em que

AA = área amostral (%)

As figuras de 11 a 15 ilustram o formato dos fragmentos estudados e a distribuição das parcelas após estas serem alocadas em campo.

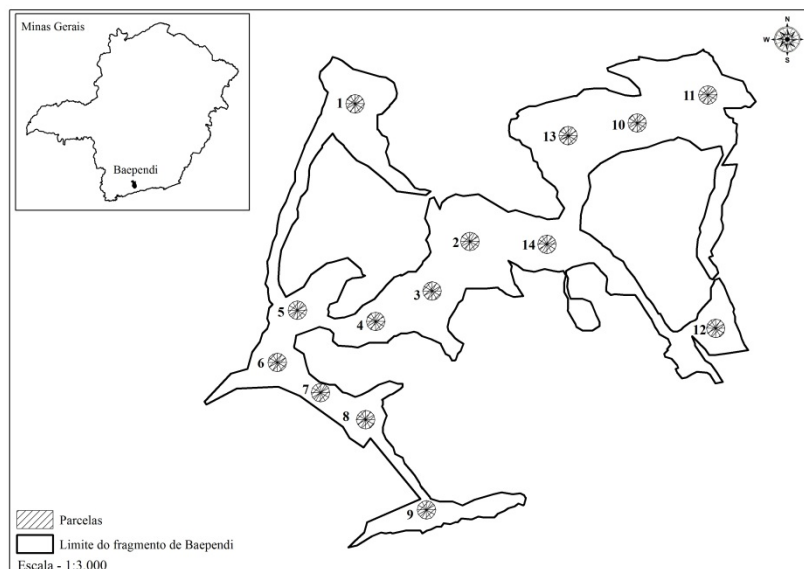


Figura 11 Contorno do fragmento 1 e distribuição das respectivas parcelas

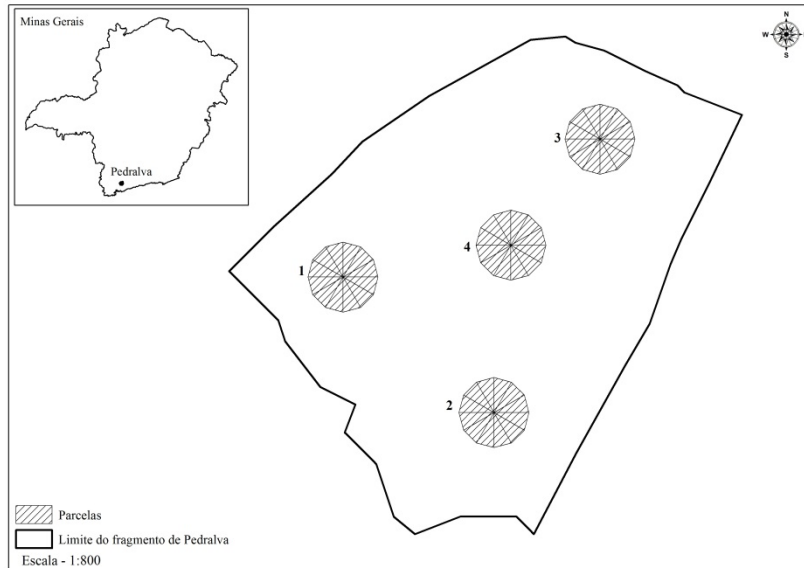


Figura 12 Contorno do fragmento 2 e distribuição das respectivas parcelas

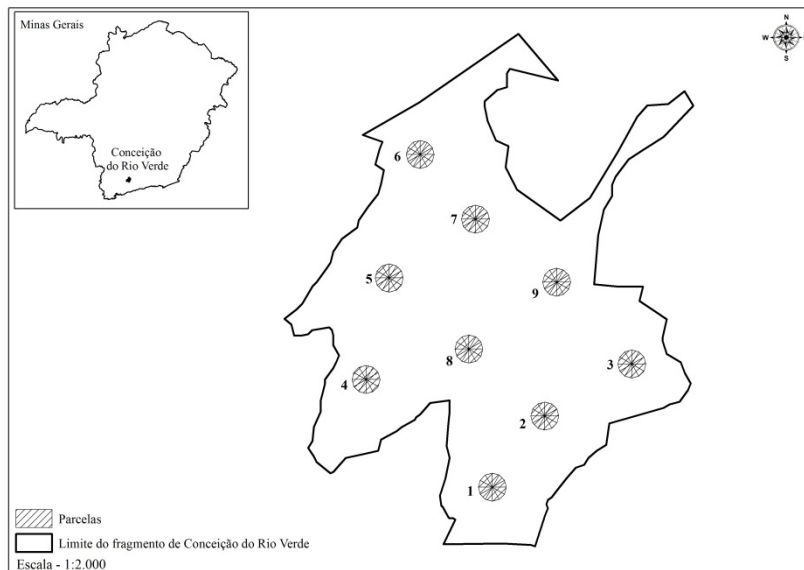


Figura 13 Contorno do fragmento 3 e distribuição das respectivas parcelas

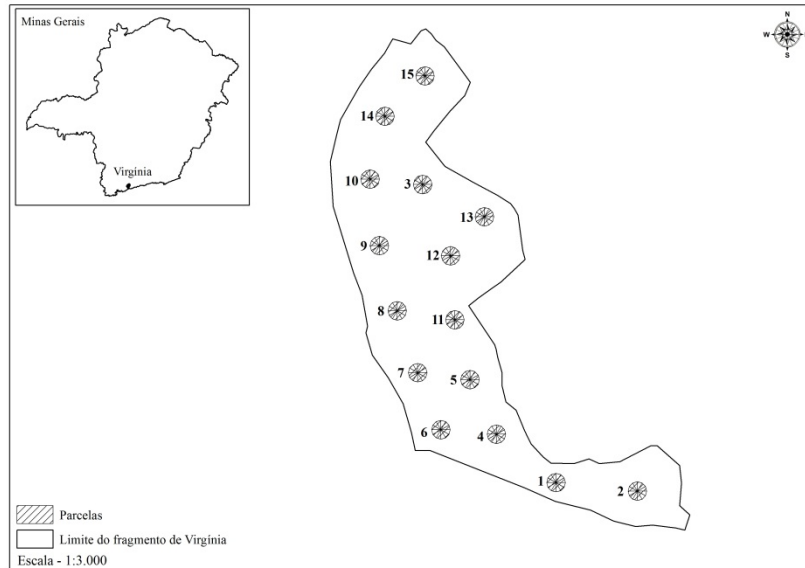


Figura 14 Contorno do fragmento 4 e distribuição das respectivas parcelas

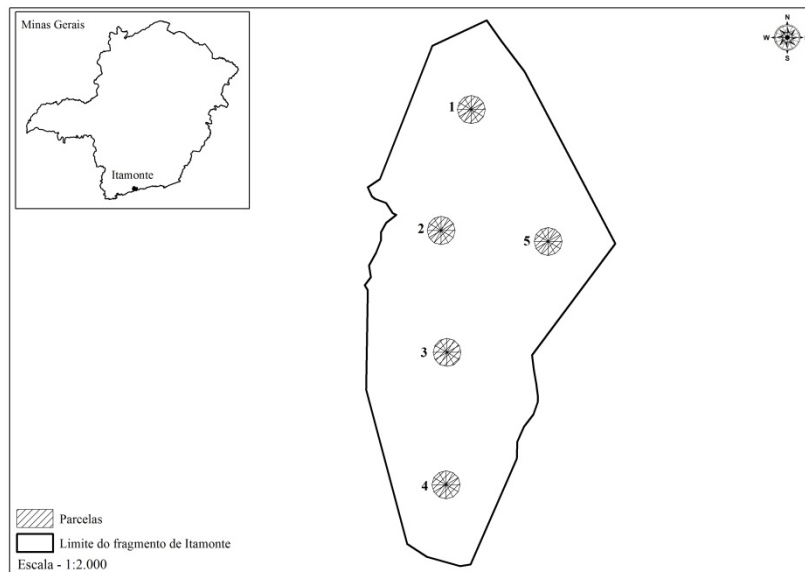


Figura 15 Contorno do fragmento 5 e distribuição das respectivas parcelas

3.4 Coleta dos dados

Em todos os fragmentos os dados foram coletados entre os meses de julho e setembro de 2011, conferindo diferentes idades de exploração para cada área conforme Tabela 3.

Tabela 3 Área total e percentual de área amostrada em cada fragmento (F)

| F | Município | Área (ha) | Percentual Amostral |
|----------|------------------------|------------------|----------------------------|
| 1 | Baependi | 8,5 | 5 % |
| 2 | Pedralva | 1,19 | 10% |
| 3 | Conceição do Rio Verde | 5,28 | 5,11 % |
| 4 | Virgínia | 7,03 | 6,4 % |
| 5 | Itamonte | 2,44 | 6,14 % |

Em cada parcela foram contabilizadas as regenerações de candeia, os indivíduos arbóreos de candeia e outras espécies nativas (não candeia) e as cepas de candeia provenientes da exploração.

Para os indivíduos regenerantes foi feita a mensuração da altura total (h) e a classificação, em classes de recrutamento, conforme intervalos de altura descritos na Tabela 4. Essa classificação pode variar de acordo com a espécie e o objetivo do trabalho, como pode ser observado em alguns já realizados (SCHWEIGER; STERBA, 1997; VIANI; RODRIGUES, 2008). No caso da candeia buscou-se uma adaptação da definição proposta por Barnard (1950).

No estrato arbóreo foram mensuradas a altura total e o diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) de todos os indivíduos, candeia e de outras espécies nativas, com DAP mínimo de 5 cm.

É importante destacar que ao longo do texto o termo “outras espécies nativas” é frequentemente empregado para retratar regeneração ou indivíduos arbóreos. Nas duas situações, o mesmo se refere ao conjunto de indivíduos de qualquer espécie diferente da candeia.

Em todos os indivíduos mensurados, seja regenerante de candeia, cepa de candeia, ou arbóreo de candeia e outras espécies nativas, foram coletadas as coordenadas cartesianas para o posterior georreferenciamento desses, a partir da coordenada geográfica coletada na árvore porta semente central da parcela.

Tabela 4 Classes de altura da regeneração

| Limites das classes | Denominação | Símbolo |
|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| $h < 0,3$ m | Regeneração Recruta | R |
| $0,3 \text{ m} \leq h < 1,5$ m | Regeneração não estabelecida | NE |
| $h \geq 1,5,0$ m e $DAP < 5$ cm | Regeneração estabelecida | E |

3.5 Análise exploratória dos dados

Para compreender o comportamento dos dados, foi feita uma exploração qualitativa, quantitativa e espacial de cada parcela nos 5 fragmentos.

No aspecto qualitativo, foi feito um diagnóstico das condições de cobertura vegetal e do nível de competição existente dentro das parcelas.

Em relação ao aspecto quantitativo, foi observado o número de regenerações de candeia por parcela, em diferentes classes de recrutamento (BARNARD, 1950), bem como a variabilidade dessa intensidade, dentro de cada fragmento manejado. Além disso, foi feita a distribuição de frequência, para a variável altura das regenerações e aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, conforme Gomide et al. (2005), para comparar os fragmentos ao nível de significância de 5 %.

Já para o aspecto espacial, foram mapeados, seguindo um sistema de coordenada padrão, todos os indivíduos das diferentes variáveis coletadas dentro da parcela, sejam indivíduos da regeneração natural da candeia, do estrato arbóreo ou das árvores removidas (tocos), com o intuito de observar a distribuição espacial destes e como a regeneração tende a se estabelecer, após a realização do manejo, em relação aos demais indivíduos.

3.6 Análise da regeneração natural e do estrato arbóreo

A seguir são apresentados os índices estimados para caracterizar o estrato arbóreo e a regeneração em cada fragmento manejado.

3.6.1 Quantificação do estrato arbóreo

Para o estrato arbóreo, foram estimadas as médias de diâmetro a 1,30 m do solo, altura total e os índices que retratam a estrutura horizontal em cada fragmento. Maiores detalhes sobre as formulações destes índices podem ser obtidas em Silva Júnior (2004). Todas estas variáveis foram estimadas para os indivíduos de candeia e de outras espécies nativas, com diâmetro a 1,30 m do solo superior ou igual a 5 cm.

3.6.2 Quantificação da regeneração natural

Para análise da intensidade total de regenerantes e nas diferentes categorias, os índices que retratam essa característica foram calculados e analisados, para o fragmento como um todo (a unidade amostral é a parcela) e para cada parcela, no mesmo fragmento (a unidade amostral é a subparcela). Estes foram uma adaptação da metodologia proposta por Scolforo e Mello (2006) e são descritos na sequência:

3.6.2.1 Densidade de regenerações estabelecidas.ha⁻¹ (DE)

$$DE = \frac{10.000}{0,16} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \theta_i}{n}$$

em que:

a.u=área da unidade amostral (parcela ou subparcela) em m²;

n=número total de unidades amostrais (parcelas ou subparcelas);

e_i=número total de regenerações estabelecidas na i-ésima unidade amostral (parcela ou subparcela);

3.6.2.2 Densidade de regenerações não estabelecidas.ha⁻¹ (DNE)

$$DNE = \frac{10.000}{a.u} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n}$$

em que:

u_i=número total de regenerações não estabelecidas na i-ésima unidade amostral (parcela ou subparcela);

3.6.2.3 Densidade de regenerações recrutadas.ha⁻¹ (DR)

$$DR = \frac{10.000}{a.u} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n}$$

em que:

r_i=número total de regenerações recrutadas na i-ésima unidade amostral (parcela ou subparcela);

3.6.2.4 Frequência de regenerações estabelecidas em %(FRE)

$$FRE = \left(\frac{n_e}{n} \right) * 100$$

em que:

n_e=número de unidades amostrais onde ocorreu regenerações estabelecidas;

3.6.2.5 Frequência de regenerações não estabelecidas em % (FRNE)

$$FRNE = \left(\frac{n_n}{n} \right) * 100$$

em que:

n_n = número de unidades amostrais, onde ocorreu regenerações não estabelecidas;

3.6.2.6 Frequência de regenerações recrutadas em % (FRR)

$$FRR = \left(\frac{n_r}{n} \right) * 100$$

em que:

n_r = número de unidades amostrais onde ocorreu regenerações recrutadas;

3.6.2.7 Média ponderada das alturas (\bar{h})

$$\bar{h} = \frac{H \cdot e + \sum_{i=1}^n \bar{h}_i u_i}{e + u}$$

em que:

\bar{h}_i = média das alturas das regenerações não estabelecidas na i-ésima unidade amostral;

u_i = número total de regenerações não estabelecidas na i-ésima unidade amostral;

H = altura mínima das regenerações estabelecidas (1,50 m);

e = número total de regenerações estabelecidas;

u = número total de regenerações não estabelecidas;

3.6.2.8 Índice de estabelecimento (I_1)

$$I_1 = \frac{\text{altura média ponderada}}{\text{altura mínima das regenerações estabelecidas}} = \frac{\bar{h}}{H}$$

3.6.2.9 Índice de estoque (I_2)

$$I_2 = \frac{10000}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{n p m_i} + \varphi \right)$$

em que:

$n p n$ = número de regenerações não estabelecidas, que equivalem a uma regeneração estabelecida;

3.6.2.10 Estoque estabelecido (E_e)

$$E_e = I_1 \cdot I_2$$

3.6.3 Análise estatística

A distribuição de normalidade de cada índice foi analisada através da aplicação do teste de Shapiro-Wilk, com 5 % de significância, conforme Ferreira (2009).

Os índices da regeneração foram relacionados com as variáveis dendrométricas do estrato arbóreo, com a altitude média do fragmento e a idade

de exploração por meio da correlação não paramétrica de Spearman, conforme descrito em Ferreira (2009).

A estimativa dos índices por parcela permitiu a aplicação de teste de comparação entre médias e verificar a existência de diferença significativa entre os índices das áreas de estudo. Nesse caso, o tratamento foi as diferentes idades de exploração e as parcelas compuseram as repetições. O teste aplicado foi o não paramétrico de Kruskal-Wallis, conforme Pimentel-Gomes (2009). Segundo o autor, esse teste se aplica a ensaios inteiramente casualizados, quando há três ou mais tratamentos. O método é uma alternativa a análise de variância, quando se tem dados não paramétricos (PAES, 2009). Para a aplicação da correlação de Spearman e do teste de Kruskal-Wallis, fez-se uso da ferramenta Action 2.2.

3.7 Espacialização da regeneração e do estrato arbóreo

Após a análise exploratória dos dados no aspecto espacial, foi feito o estudo variográfico, em cada fragmento, a fim de detectar a estrutura de dependência espacial do estrato arbóreo de outras espécies nativas e dos indivíduos regenerantes de candeia. Essa análise foi realizada para compreender como a regeneração natural da candeia tende a se estabelecer após o manejo.

Os semivariogramas foram estimados, segundo a equação descrita por Vieira (2000).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

em que

$\hat{\gamma}(h)$ é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$

h = a distância entre os pontos amostrais;

$N(h)$ = o número total de pares de pontos possíveis a uma distância h considerada.

Inicialmente, foi realizada, em todos os pontos, a análise de tendência com os eixos x e y , por meio da análise de equações de regressão até o nível quadrático e com todas as interações entre esses eixos. Como os pontos apresentaram tendência significativa, trabalhou-se com os resíduos, conforme descrito por Azevedo (2004). Desta maneira, foram construídos semivariogramas experimentais, visando analisar o comportamento da regeneração e do estrato arbóreo de outras espécies nativas presentes nos fragmentos analisados.

Modelos teóricos como o esférico, o exponencial, o gaussiano e o wave foram testados para o ajuste dos semivariogramas, definindo os parâmetros: efeito pepita (τ^2), o patamar ($\tau^2 + \sigma^2$) e o alcance da dependência espacial (ϕ).

No ajuste dos modelos foi utilizado o método da máxima verossimilhança, para a variável número de indivíduos de outras espécies nativas nos fragmentos 1, 2 e 3 e o método dos mínimos quadrados ponderados, para as demais situações. Para isso, utilizou-se o programa R, através do pacote GeoR (2004).

Foi calculado, também, o índice de dependência espacial, para cada variável, em cada fragmento (IDE), que é dado por:

$$IDE = \frac{\sigma^2}{(\tau^2 + \sigma^2)} * 100$$

A dependência espacial foi determinada e classificada, segundo Zimback (2001), assumindo os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para $IDE \leq 25 \%$, moderada para $25 \% < IDE \leq 75 \%$ e forte para $IDE > 75 \%$.

Comprovada a dependência espacial, estimaram-se valores de regeneração e de indivíduos arbóreos de não candeia esperados, pelo método da krigagem, conforme Assis (2005), em todos os fragmentos.

Os mapas de distribuição espacial foram gerados através do método de interpolação Krigagem ordinária em software de SIG (Sistema de Informação Geográfica). Como os dados apresentaram tendência, nos mapas dos resíduos foram adicionadas as tendências obtidas nas análises de regressão.

3.8 Nível de competição da regeneração natural

Também foi definido um índice de competição (IC), por meio da razão entre o índice de estoque (I_2) encontrado e o estoque esperado (PÉREZ et al., 2004; SCOLFORO et al., 2008) de 2.500 indivíduos por hectare em cada parcela. Esta relação pode ser definida da seguinte maneira:

$$IC = I_2/2.500$$

As classes de competição foram definidas como: baixa ($IC < 0,5$), moderada ($0,5 < IC < 0,8$), ideal ($0,8 < IC < 1,2$), alta ($1,2 < IC < 1,5$), muito alta ($1,5 < IC < 2$) e intensa ($IC > 2$).

Além disso, foi feita a espacialização do nível de competição da regeneração nos fragmentos por meio dos mapas de krigagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir os resultados são apresentados em quatro seções, distribuídas em análise exploratória dos resultados, análise da regeneração natural e do estrato arbóreo, espacialização da regeneração natural e do estrato arbóreo e nível de competição da regeneração natural.

4.1 Análise exploratória dos resultados

Na análise exploratória dos resultados, foram considerados três aspectos distintos: qualitativo, quantitativo e espacial.

4.1.1 Aspecto qualitativo

A presença de árvores de outras espécies nativas, sombreando o solo, pareceu ser um fator limitante ao desenvolvimento da regeneração natural da candeia, pois nas parcelas em que essa característica foi mais intensa, a regeneração não ocorreu ou ocorreu com poucos indivíduos, mesmo em fragmentos com idade mais avançada de exploração, como no fragmento 4. Os fragmentos 2 e 4 são os que apresentam esse acontecimento mais visível, principalmente nas parcelas 1, 2 e parte da parcela 4 do fragmento 2 e nas parcelas 1, 10, 12 e 14 do fragmento 4 (APÊNDICE A). Como a candeia é uma espécie que precisa de radiação direta para o desenvolvimento e estabelecimento da regeneração (PEDRALLI, 1997), o sombreamento causado pelas copas dessas árvores presentes pode ser um fator limitante para o desenvolvimento da regeneração natural.

A presença de samambaias, espécies que ocorrem em áreas com algum tipo de alteração no dossel (MEHLTRETER; WALKER; SHARPE, 2010), também foi um fator que afetou o desenvolvimento da regeneração natural da candeia, pois nas parcelas onde essa espécie ocorre com maior intensidade, a regeneração é baixa ou inexistente. Esse comportamento foi observado, principalmente nas parcelas 2, 6, 8, 9, 10, 11, 12 e 14 do fragmento 4 (APÊNDICE A). Já no fragmento 5, esse efeito não foi tão intenso, onde mesmo sob ocorrência de samambaias nas parcelas 1 e 2 a regeneração natural da candeia ocorre com muitos indivíduos.

No fragmento 1 as parcelas 4 e 8 apresentam regeneração de indivíduos recrutados e não estabelecidos da candeia, ocorrendo com a regeneração de outras espécies nativas em fase inicial de desenvolvimento, enquanto que nas parcelas 2, 10, 13 e 14, ocorre elevada regeneração estabelecida tanto da candeia quanto de outras espécies nativas, conforme exposto no APÊNDICE A. Isso indica que algumas espécies podem se instalar juntamente com a candeia, após algum tipo de perturbação e formar um ambiente mais diversificado, sendo necessário um estudo mais aprofundado sobre o estabelecimento desses indivíduos ao longo do tempo, objetivando avaliar quais espécies irão dominar o dossel e suprimir as demais.

Quanto a variação da altitude dentro de um mesmo fragmento, esse foi um fator que apresentou tendência apenas no fragmento 5, para o desenvolvimento da regeneração natural da candeia, pois a intensidade e o estabelecimento da mesma obedeceu um gradiente em direção às cotas mais altas do fragmento.

4.1.2 Aspecto quantitativo

A Tabela 5 apresenta as informações sobre o número de indivíduos da regeneração natural em cada parcela dos 5 fragmentos. Verificou-se que o fragmento 5 teve a maior média por parcela (206) e por hectare de regeneração (6.866,66). Na sequência, o fragmento de maior desempenho foi o 1 com média por parcela e hectare de 149,93 e 4.997,61 indivíduos respectivamente. Vale ressaltar que o fragmento 4 foi o mais amostrado e que tinha 1.417 plantas adultas antes da exploração e foi o segundo pior em termos de regeneração média por parcela, ou seja, com os dados do presente estudo não se pode associar à quantidade da regeneração com a área amostrada e nem com o número de indivíduos adultos antes da exploração.

Os fatores que podem ser determinantes nesse caso são a dispersão apropriada das sementes, além de sua viabilidade, o solo estar em condições limpas, para receber as sementes e não apresentar a característica de um solo lavado e sim um solo mais fofo, radiação direta na semente e chuva na sequência. Além disso, a área deve ser predominantemente de candeia e não ocorrer competição com o mato seja ele samambaia ou outra espécie qualquer. Pois, se a área manejada se encontra numa região clássica de campo, o mato não irá ocorrer e sim em áreas de transição somente.

Tabela 5 Total das regenerações, por parcela, em cada fragmento. Os valores entre parêntese indicam o número de regenerações extrapolado para o hectare

| Parcelas | Fragmentos | | | | |
|---------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 72 (2.400,00) | 9 (300,00) | 18 (600,00) | 0 (0,00) | 103 (3.433,33) |
| 2 | 262 (8.733,33) | 17 (566,66) | 8 (266,666) | 23 (766,66) | 132 (4.400,00) |
| 3 | 38 (1.266,66) | 60 (2.000,00) | 30 (1.000,00) | 33 (1.100,00) | 144 (4.800,00) |
| 4 | 55 (1.833,33) | 173 (5.766,66) | 19 (633,333) | 80 (2.666,66) | 502 (1.6733,3) |
| 5 | 122 (4.066,66) | - | 36 (1.200,00) | 149 (4.966,66) | 149 (4.966,66) |
| 6 | 50 (1.666,66) | - | 7 (233,33) | 31 (1.033,33) | - |
| 7 | 73 (2.433,33) | - | 23 (766,66) | 29 (966,666) | - |
| 8 | 93 (3.100,00) | - | 50 (1.666,66) | 37 (1.233,33) | - |
| 9 | 53 (1.766,66) | - | 21 (700,00) | 3 (100,00) | - |
| 10 | 159 (5.300,00) | - | - | 83 (2.766,66) | - |
| 11 | 287 (9.566,66) | - | - | 90 (3.000,00) | - |
| 12 | 33 (1.100,00) | - | - | 148 (4.933,33) | - |
| 13 | 373 (12.433,30) | - | - | 31 (1.033,33) | - |
| 14 | 429 (14.300,00) | - | - | 25 (833,33) | - |
| 15 | - | - | - | 9 (300,00) | - |
| Total | 2.099,00 | 259,00 | 212,00 | 771,00 | 1.030,00 |
| Média/ha | 4.997,61 | 2.158,33 | 785,18 | 1.713,33 | 6.866,66 |
| Média/parcela | 149,93 | 64,75 | 23,6 | 51,4 | 206 |

A quantidade de regenerações, conforme Figura 16, apresentou alta variabilidade entre parcelas nas cinco áreas manejadas. No fragmento 3 ocorreu a menor variação (57,6%), com a quantidade de regenerantes por parcela variando de 7 a 50 indivíduos. O fragmento 2 apresentou o maior coeficiente de variação (116,7%), indicando que a regeneração ocorre com um padrão de quantidade desuniforme entre as parcelas. Esse resultado permite inferir que a regeneração tende a se instalar em alguns locais específicos do fragmento, o que pode estar associada à forma de dispersão das sementes, tendendo formar mosaicos ou condições mais favoráveis de solo e radiação para o banco de sementes e seu

desenvolvimento. Elevada variação por parcela, também foi detectada nos fragmentos 1, 4 e 5.

Nos fragmentos 1 e 5, estão localizadas as parcelas que contemplaram maior quantidade de regenerações, com respectivamente 429 e 502 indivíduos respectivamente. No fragmento 5, que apresentou a maior média por parcela, o valor mínimo encontrado de 103 indivíduos ainda é superior a média detectada nos fragmentos 2, 3 e 4. Além disso, é mais que o dobro do valor máximo encontrado no fragmento 3, mostrando que além de existir alta variação da intensidade da regeneração, dentro de uma área manejada, existe diferença entre áreas. Isso indica a existência de áreas que apresentam comportamento diferenciado da regeneração quando submetidas ao manejo sustentável. Este resultado fica ainda mais evidente, quando associada à idade de manejo em cada área com a quantidade de indivíduos regenerantes. O fragmento 1, por exemplo, com apenas oito meses após a exploração, apresentou intensa regeneração natural e com valores mínimo, médio e máximo por parcela, sempre superiores aos encontrados nos fragmentos 2 (24 meses após a exploração), 3 (36 meses após a exploração) e 4 (44 meses após a exploração). No entanto, é preciso acompanhar o fragmento 1 ao longo do tempo e verificar se este irá alcançar condições semelhantes ao fragmento 5, que possui potencial para o manejo em termos de regeneração.

Outra questão a ser destacada é que a regeneração natural da candeia pode ser comprometida, quando se realiza o manejo em áreas que não observam as prescrições do manejo, principalmente, no que diz respeito à predominância mínima de 70 %, pois as áreas onde esse critério é atendido são geralmente áreas de campo, com cambissolos e baixa fertilidade, sendo a candeia bem adaptada a estes locais. Assim, sua regeneração não será influenciada pela concorrência de outras espécies regenerantes ou samambaia. Quando o manejo é realizado sem

atender essa premissa, a regeneração será menor, pois haverá outros agentes interferindo no seu desenvolvimento, como é o caso da mata competição.

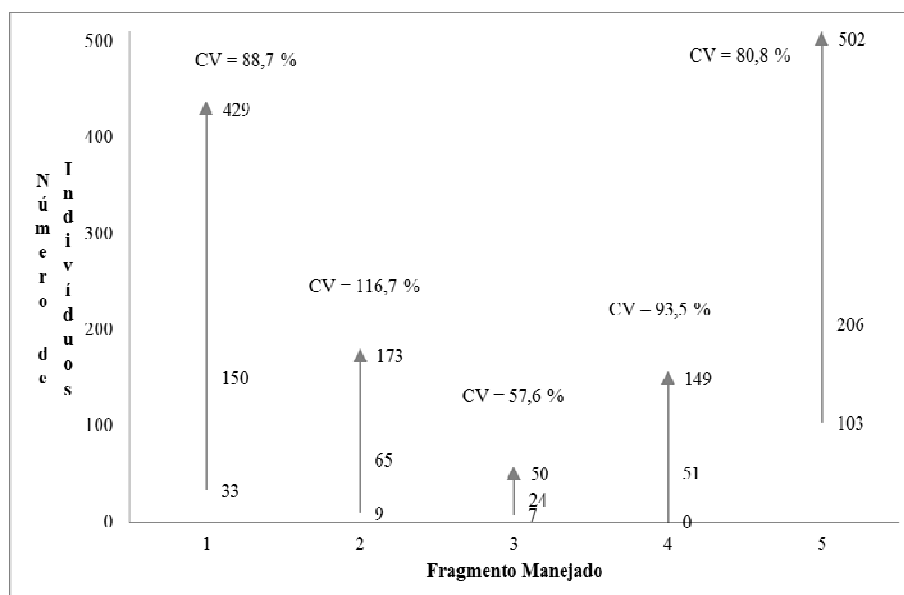


Figura 16 Número de regenerantes mínimo, médio e máximo, por parcela, e respectivos coeficientes de variação em porcentagem por fragmento

A Figura 17 mostra a distribuição de frequências da variável altura das regenerações em cada fragmento manejado. Pode-se perceber que os cinco fragmentos apresentam maior quantidade de indivíduos nas menores classes de altura, principalmente, nas classes até 0,3 m (classe 1) e 0,6 m (classe 2).

O fragmento 3(36 meses) foi o que apresentou distribuição mais diferenciada em relação aos demais, com a grande maioria das regenerações com altura inferior a 30 cm. Já o fragmento 1(8 meses) foi o único que apresentou regenerações com altura superior a 4 m, representando indivíduos que com certeza já existiam, antes mesmo da exploração, neste fragmento. É importante destacar que esses indivíduos são incluídos como regenerantes por apresentarem

diâmetro a 1,30 m do solo inferior a 5 cm e são justamente aqueles que ocorrem nas parcelas com elevada regeneração estabelecida de outras espécies nativas.

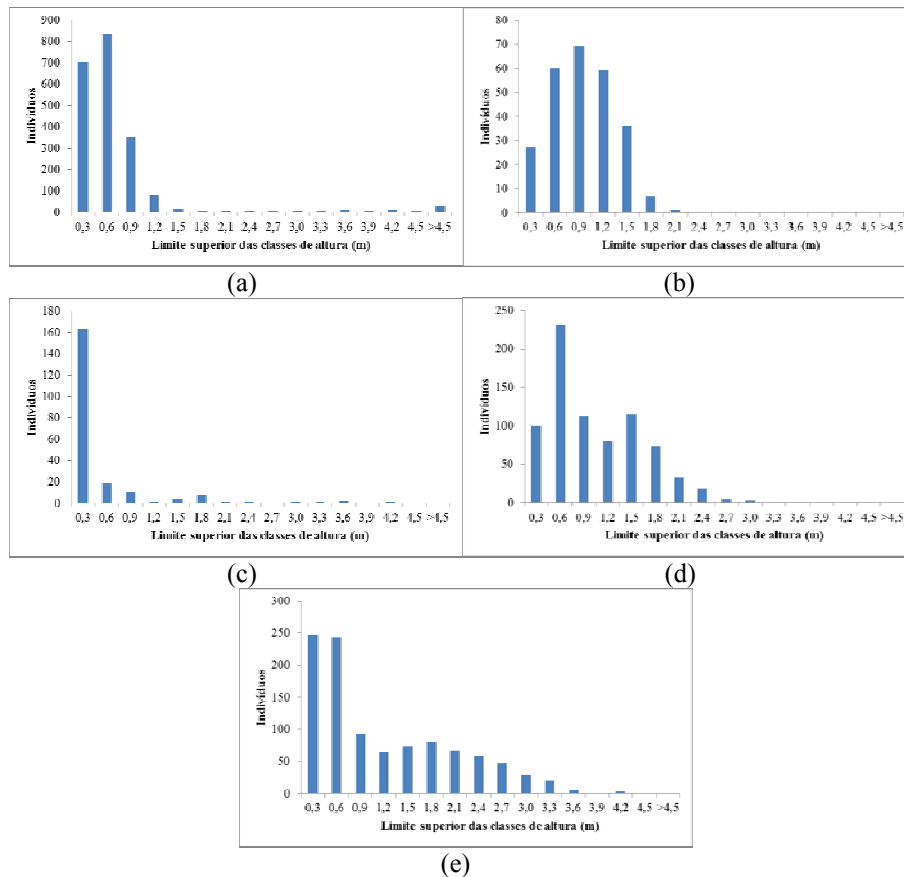


Figura 17 Distribuição do número de indivíduos em classes de altura nos fragmentos 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e 5 (e), com 8, 24, 36, 44 e 59 meses após o manejo, respectivamente

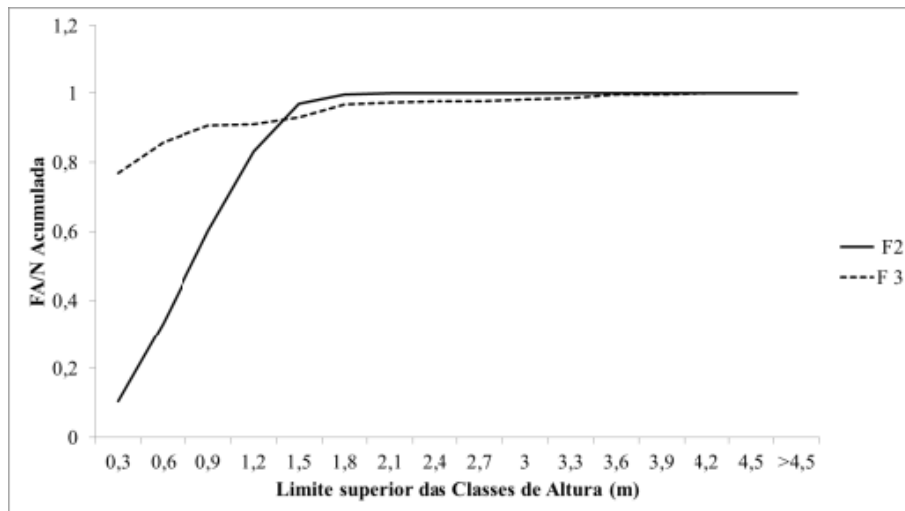
De maneira geral a distribuição seguiu uma tendência exponencial negativa, que é característica para florestas nativas.

Para verificar a existência de diferenças entre as distribuições, foi aplicado o teste não paramétrico de Komolgorov-Smirnov, com nível de significância de 5 %. Após a aplicação do teste, verificou-se que todas as

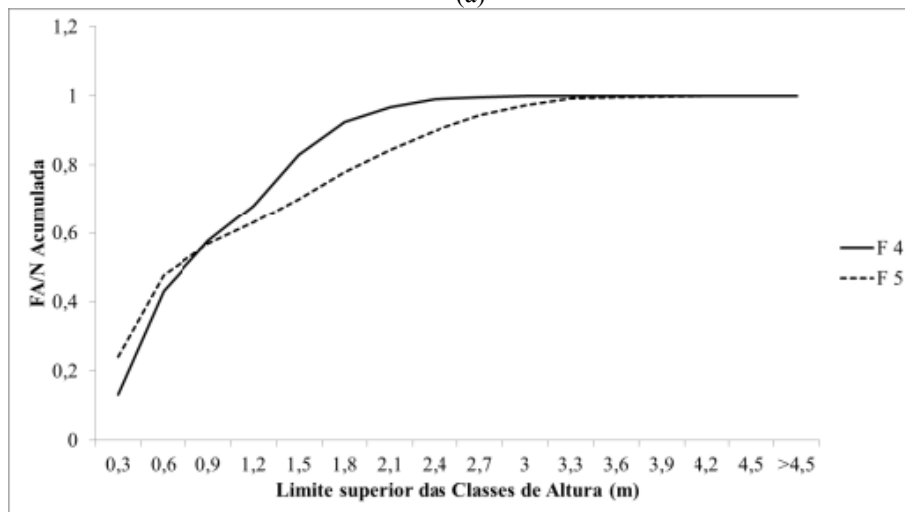
distribuições foram significativamente diferentes entre si. Conforme Figura 18, a maior diferença foi detectada entre os fragmentos 2 e 3 (a), enquanto que a menor diferença foi entre os fragmentos 4 e 5 (b). A mesma mostra os valores de frequência relativa acumulada em cada fragmento.

Assim, pode-se perceber que nenhuma das áreas se correlaciona em termos de distribuição de altura para os indivíduos regenerantes de candeia, retratando ainda mais a variabilidade existente, não somente dentro de um mesmo fragmento, mas também, entre diferentes fragmentos florestais submetidos ao manejo.

Essas diferenças podem estar associadas às condições ambientais de cada local, como por exemplo, no caso do fragmento 3 apresentar frequência acumulada elevada já nas primeiras classes de altura, o que permite inferir que a regeneração neste fragmento pode estar em um processo de adaptação ao ambiente, que é diferente dos demais (CARVALHO et al., 2008; CURI et al., 2008) e vai levar um tempo maior para alcançar o estabelecimento. Este resultado fornece a ideia de que essa área de manejo pode ter passado por um período muito mais longo, em relação às outras áreas, até formar um candeal com predominância mínima para o manejo. Uma explicação para esse fato é que os fragmentos 2, 3 e 4 se encontram em área de transição de mata, enquanto o fragmento 5 está localizado em área de campo de altitude, assim como o fragmento 1 e apresentavam maiores predominâncias de candeia.



(a)



(b)

Figura 18 Comparação das distribuições de altura entre os fragmentos com maior diferença (a) e menor diferença (b), a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov a 5 % de probabilidade

4.1.3 Aspecto espacial

No aspecto espacial da regeneração natural da candeia dentro das parcelas, pode-se perceber que a mesma tende a ocorrer nas regiões não ocupadas pelo estrato arbóreo de outras espécies nativas. Pois nessas regiões, onde se tem condições de maior umidade, é propiciado o desenvolvimento de outras espécies e o efeito da competição é mais acentuado. Esse fato é muito evidente nas parcelas dos fragmentos 2 e 4 principalmente (APÊNDICE B). A Figura 19 ilustra essa situação na parcela 10 do fragmento 4.

No fragmento 2, todas as parcelas mostram que onde ocorrem muitos indivíduos de outras espécies nativas, a regeneração é limitada ou quase inexistente, pois muito provavelmente a copa dessas árvores causam o sombreamento do solo e prejudicam o desenvolvimento da regeneração natural, conforme destaca Bahamonde et al. (2011). As parcelas 1 e 2 são as que apresentam esse efeito de forma mais expressiva.

No fragmento 4 as parcelas 1, 2, 10, 11, 12 e 14 são as que apresentam esse comportamento de forma mais intensa. Nas parcelas 1 e 10 desse fragmento pode-se observar que mesmo onde ocorreu a remoção de candeias adultas, permitindo a abertura do dossel, a regeneração natural da candeia é ausente. Esse mesmo efeito é observado na parcela 9 do fragmento 3 e na parcela 2 do fragmento 2, conforme APÊNDICE B.

De maneira geral, pode-se perceber que as parcelas que não seguiram a prescrição de predominância mínima de 70 % com candeia, principalmente nos fragmentos 2, 3 e 4, são também as que apresentaram regeneração natural limitada, inviabilizando a realização do manejo nessas áreas.

Quanto ao estrato arbóreo de candeias remanescentes, esse não prejudica a ocorrência da regeneração, pois mesmo nas áreas onde se tem muitas portas

sementes, ocorrem muitas regenerações. No entanto, a tendência é que as regenerações ocorram um pouco afastadas das árvores porta sementes, como pode ser observado na grande maioria das parcelas nos cinco fragmentos (Figura 20).

Além disso, os indivíduos regenerantes tendem a formar agregados dentro das parcelas, que pode ser devido à dispersão da espécie ocorrer pelo vento, conforme destacado por Silva et al. (2008).

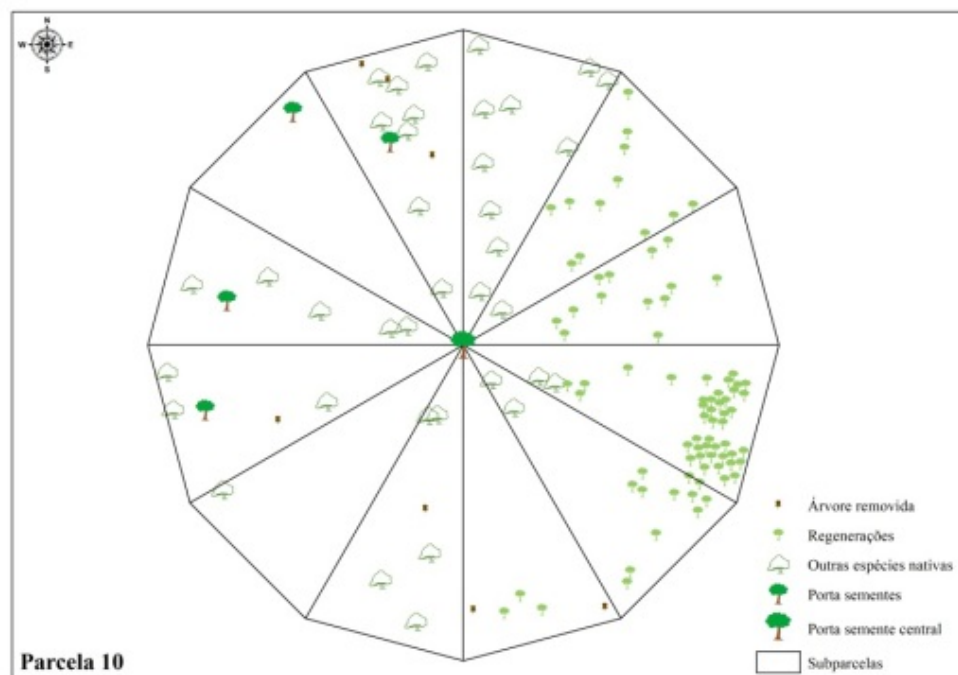


Figura 19 Distribuição espacial da regeneração de candeia, indivíduos arbóreos de candeia e não candeia e árvores removidas na parcela 10 do fragmento 4

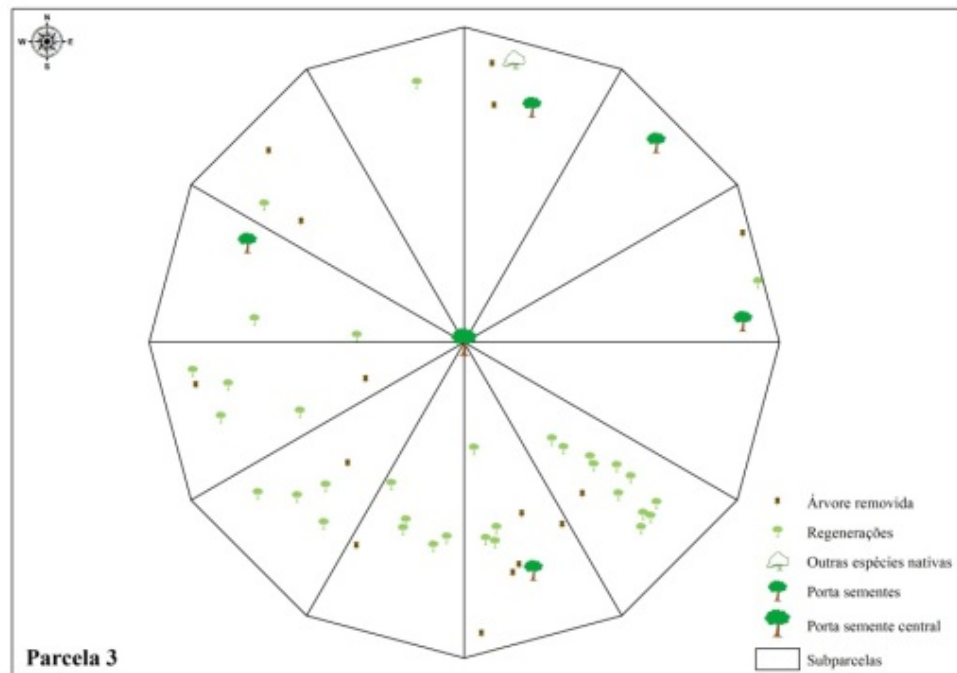


Figura 20 Distribuição espacial da regeneração de candeia, indivíduos arbóreos de candeia e não candeia e árvores removidas na parcela 3 do fragmento 4

4.2 Análise da regeneração natural e do estrato arbóreo

A seguir, a análise da regeneração natural da candeia e do estrato arbóreo é realizada considerando quatro situações distintas. Primeiramente é apresentada a quantificação da regeneração natural. Na sequência, associa-se esta com o estrato arbóreo de maneira geral. Em seguida o estabelecimento da regeneração natural é analisado por fragmento e, finalmente, por parcela.

4.2.1 Quantificação da regeneração natural

A tabela 5 mostrou o total de regenerações, por parcela, em cada fragmento. No entanto, é importante conhecer as categorias a que elas pertencem, conforme a classificação proposta por Barnard (1950). Essa informação é apresentada na tabela 6, bem como o percentual de cada uma das categorias.

Tabela 6 Número de regenerações estabelecidas (E), não estabelecidas (NE) e recrutadas (R) e o percentual de cada uma dessas categorias em cada parcela dos fragmentos (F)

| F | Parcela | E | NE | R | % E | % NE | % R |
|----------|----------------|----------|-----------|----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 1 | 2,00 | 62,00 | 8,00 | 2,78 | 86,11 | 11,11 |
| 1 | 2 | 18,00 | 232,00 | 12,00 | 6,87 | 88,55 | 4,58 |
| 1 | 3 | 0,00 | 33,00 | 5,00 | 0,00 | 86,84 | 13,16 |
| 1 | 4 | 0,00 | 46,00 | 9,00 | 0,00 | 83,64 | 16,36 |
| 1 | 5 | 0,00 | 98,00 | 24,00 | 0,00 | 80,33 | 19,67 |
| 1 | 6 | 0,00 | 40,00 | 10,00 | 0,00 | 80,00 | 20,00 |
| 1 | 7 | 0,00 | 48,00 | 25,00 | 0,00 | 65,75 | 34,25 |
| 1 | 8 | 0,00 | 58,00 | 35,00 | 0,00 | 62,37 | 37,63 |
| 1 | 9 | 2,00 | 49,00 | 2,00 | 3,77 | 92,45 | 3,77 |
| 1 | 10 | 31,00 | 67,00 | 61,00 | 19,50 | 42,14 | 38,36 |
| 1 | 11 | 0,00 | 107,00 | 180,00 | 0,00 | 37,28 | 62,72 |

“...Continua...”

“...Continua...”

| F | Parcela | E | NE | R | % E | % NE | % R |
|----------|----------------|----------|-----------|----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 12 | 0,00 | 21,00 | 12,00 | 0,00 | 63,64 | 36,36 |
| 1 | 13 | 57,00 | 176,00 | 140,00 | 15,28 | 47,18 | 37,53 |
| 1 | 14 | 1,00 | 311,00 | 117,00 | 0,23 | 72,49 | 27,27 |
| 2 | 1 | 0,00 | 4,00 | 5,00 | 0,00 | 44,44 | 55,56 |
| 2 | 2 | 2,00 | 14,00 | 1,00 | 11,76 | 82,35 | 5,88 |
| 2 | 3 | 2,00 | 54,00 | 4,00 | 3,33 | 90,00 | 6,67 |
| 2 | 4 | 9,00 | 154,00 | 10,00 | 5,20 | 89,02 | 5,78 |
| 3 | 1 | 0,00 | 3,00 | 15,00 | 0,00 | 16,67 | 83,33 |
| 3 | 2 | 5,00 | 2,00 | 1,00 | 62,50 | 25,00 | 12,50 |
| 3 | 3 | 0,00 | 5,00 | 25,00 | 0,00 | 16,67 | 83,33 |
| 3 | 4 | 0,00 | 8,00 | 11,00 | 0,00 | 42,11 | 57,89 |
| 3 | 5 | 2,00 | 11,00 | 23,00 | 5,56 | 30,56 | 63,89 |
| 3 | 6 | 4,00 | 3,00 | 0,00 | 57,14 | 42,86 | 0,00 |
| 3 | 7 | 3,00 | 2,00 | 18,00 | 13,04 | 8,70 | 78,26 |
| 3 | 8 | 0,00 | 1,00 | 49,00 | 0,00 | 2,00 | 98,00 |
| 3 | 9 | 1,00 | 5,00 | 15,00 | 4,76 | 23,81 | 71,43 |
| 4 | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 2 | 0,00 | 21,00 | 2,00 | 0,00 | 91,30 | 8,70 |
| 4 | 3 | 4,00 | 27,00 | 2,00 | 12,12 | 81,82 | 6,06 |
| 4 | 4 | 10,00 | 63,00 | 7,00 | 12,50 | 78,75 | 8,75 |
| 4 | 5 | 39,00 | 107,00 | 3,00 | 26,17 | 71,81 | 2,01 |
| 4 | 6 | 14,00 | 16,00 | 1,00 | 45,16 | 51,61 | 3,23 |
| 4 | 7 | 6,00 | 23,00 | 0,00 | 20,69 | 79,31 | 0,00 |
| 4 | 8 | 9,00 | 24,00 | 4,00 | 24,32 | 64,86 | 10,81 |
| 4 | 9 | 3,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 10 | 11,00 | 42,00 | 30,00 | 13,25 | 50,60 | 36,14 |
| 4 | 11 | 21,00 | 56,00 | 13,00 | 23,33 | 62,22 | 14,44 |
| 4 | 12 | 30,00 | 98,00 | 20,00 | 20,27 | 66,22 | 13,51 |
| 4 | 13 | 6,00 | 21,00 | 4,00 | 19,35 | 67,74 | 12,90 |
| 4 | 14 | 11,00 | 12,00 | 2,00 | 44,00 | 48,00 | 8,00 |
| 4 | 15 | 0,00 | 9,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 5 | 1 | 56,00 | 20,00 | 27,00 | 54,37 | 19,42 | 26,21 |

“...Continua...”

“...Continua...”

| F | Parcela | E | NE | R | % E | % NE | % R |
|----------|----------------|----------|-----------|----------|------------|-------------|------------|
| 5 | 2 | 41,00 | 73,00 | 18,00 | 31,06 | 55,30 | 13,64 |
| 5 | 3 | 66,00 | 54,00 | 24,00 | 45,83 | 37,50 | 16,67 |
| 5 | 4 | 89,00 | 261,00 | 152,00 | 17,73 | 51,99 | 30,28 |
| 5 | 5 | 80,00 | 56,00 | 13,00 | 53,69 | 37,58 | 8,72 |

Da tabela 6 é possível extrair o percentual de indivíduos em cada fragmento, conforme sua categoria. Esta informação é apresentada na Figura 21.

Pode-se perceber que o percentual de indivíduos já estabelecidos, é crescente a partir da área com 8 meses (fragmento 1) até a área com 59 meses (fragmento 5). Isso de fato é esperado, uma vez que ao longo do tempo, os indivíduos regenerantes crescem e atingem a altura mínima de 1,50 metros, para ingressar na categoria de regeneração estabelecida. No entanto, no presente estudo percebe-se que 59 meses não é tempo suficiente, para que essa classe seja predominante na área manejada, pois apenas 32,23 % do total de indivíduos regenerantes são estabelecidos na respectiva idade.

A classe que predomina nos fragmentos é a de regeneração não estabelecida, sendo a exceção o fragmento 3 com 74,06 % dos indivíduos pertencentes à classe de recrutas. Esse percentual, associado aos valores apresentados na descrição quantitativa do respectivo fragmento, permite inferir que o mesmo, além de possuir intensidade da regeneração abaixo do padrão encontrado para as demais áreas, também apresenta um desenvolvimento mais lento. Isso pode estar associado às condições de clima e solo do local, (CARVALHO et al., 2008), pois foi o único fragmento que apresentou esses fatores diferentes dos demais. Além disso, esse é o fragmento manejado na menor altitude (950 m), podendo ser um fator limitante também para o desenvolvimento da regeneração natural da espécie, assim como Mori et al. (2009) destacou o efeito dessa variável no rendimento de alfa-bisabolol em árvores de candeia.

Ainda em relação à Figura 21, o fragmento 1 apresentou predominância de regenerações não estabelecidas, indicando que em apenas 8 meses após a exploração já é possível perceber o alto potencial da área, para o desenvolvimento da regeneração e sua viabilidade para o manejo. Além disso, com exceção do fragmento 3, esse é o de maior percentual de regenerações recrutas, o que é esperado, em função do pouco tempo decorrido após a exploração e, indicando elevado banco de plântulas em desenvolvimento.

Para o manejo florestal sustentável, é imprescindível a obtenção destas informações ao longo do tempo, pois as mesmas irão embasar as melhores tomadas de decisões e permitir inferir sobre o tempo necessário, para que uma área possa ser manejada novamente.

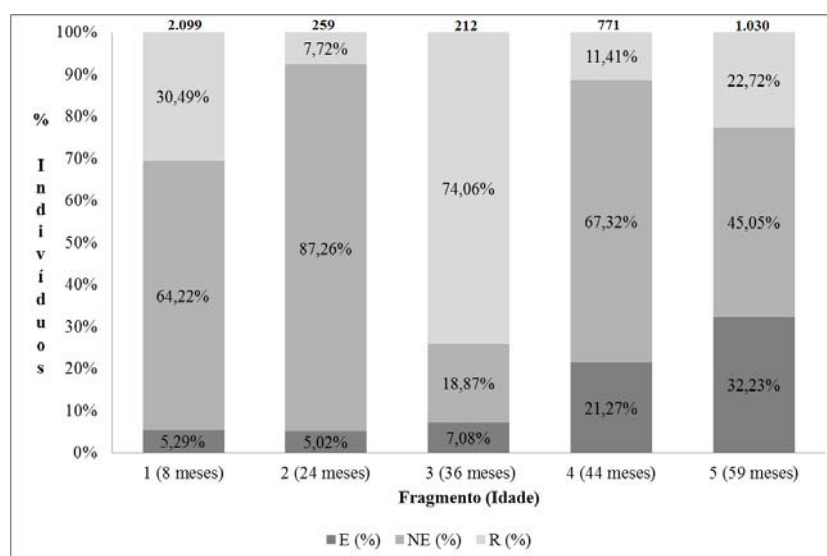


Figura 21 Percentual de indivíduos estabelecidos, não estabelecidos e recrutas para cada idade de exploração

4.2.2 Associação da regeneração natural com o estrato arbóreo

A Tabela 7 mostra a densidade, a área basal, a altura média e diâmetro médio dos indivíduos arbóreos de candeia e de outras espécies nativas

quantificados em cada parcela. Pode-se perceber que o estrato arbóreo dentro de uma parcela pode ser caracterizado pela elevada densidade de indivíduos portadoras de candeia, como na parcela 10 do fragmento 1, até parcelas com intensa presença de outras espécies, principalmente, em parcelas dos fragmentos 2 e 4. Um caso extremo é o da parcela 1 do fragmento 4, que apresentou os valores máximos de densidade tanto de candeia quanto de outras espécies.

Já a Tabela 6 indica os valores médios dessas variáveis, por fragmento, tanto para a candeia quanto para outras espécies nativas. Assim, foi possível associar a intensidade da regeneração natural com essas variáveis e perceber o efeito de cada uma destas no seu desenvolvimento.

Tabela 7 Densidade - DA (indivíduos.ha⁻¹), área basal - G (m².ha⁻¹), altura total média - HT (m) e diâmetro a altura do peito médio - DAP (cm) para cada parcela de cada fragmento (F)

| F | Parcela | Candeia | | | | Outras Espécies Nativas | | | |
|---|---------|---------|------|------|-------|-------------------------|-------|------|-------|
| | | DA | G | HT | DAP | DA | G | HT | DAP |
| 1 | 1 | 66,67 | 4,57 | 7,15 | 27,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 2 | 133,33 | 2,13 | 6,28 | 14,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 3 | 100,00 | 2,09 | 5,05 | 15,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 4 | 100,00 | 1,63 | 6,49 | 17,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 5 | 33,33 | 2,85 | 7,07 | 16,99 | 66,67 | 0,93 | 3,25 | 13,26 |
| 1 | 6 | 66,67 | 2,11 | 6,44 | 17,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 7 | 366,67 | 2,67 | 5,96 | 19,36 | 66,67 | 0,21 | 3,00 | 6,18 |
| 1 | 8 | 133,33 | 0,55 | 3,11 | 7,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 9 | 100,00 | 1,23 | 5,75 | 14,94 | 66,67 | 0,20 | 3,25 | 6,14 |
| 1 | 10 | 633,33 | 1,33 | 4,71 | 8,70 | 166,67 | 0,90 | 4,56 | 7,97 |
| 1 | 11 | 200,00 | 2,90 | 6,27 | 16,37 | 0,00 | 0,22 | 2,25 | 6,40 |
| 1 | 12 | 33,33 | 1,63 | 6,36 | 13,82 | 66,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 13 | 33,33 | 1,73 | 5,51 | 6,92 | 66,67 | 0,82 | 5,50 | 11,52 |
| 1 | 14 | 33,33 | 2,87 | 6,38 | 13,93 | 200,00 | 1,00 | 3,64 | 7,49 |
| 2 | 1 | 233,33 | 2,80 | 6,35 | 14,46 | 1433,33 | 17,23 | 5,37 | 11,05 |
| 2 | 2 | 266,67 | 4,04 | 7,37 | 14,26 | 1700,00 | 11,72 | 5,32 | 8,93 |

“...Continua...”

“...Continua...”

| F | Parcela | Candeia | | | | Outras Espécies Nativas | | | |
|---|---------|---------|------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | DA | G | HT | DAP | DA | G | HT | DAP |
| 2 | 3 | 266,67 | 4,20 | 6,51 | 17,13 | 733,33 | 4,33 | 4,39 | 8,29 |
| 2 | 4 | 366,67 | 6,43 | 7,44 | 15,30 | 433,33 | 3,59 | 4,19 | 9,01 |
| 3 | 1 | 166,67 | 1,62 | 5,85 | 11,73 | 100,00 | 0,31 | 3,67 | 6,26 |
| 3 | 2 | 100,00 | 2,42 | 7,18 | 17,34 | 133,33 | 1,24 | 3,60 | 9,18 |
| 3 | 3 | 233,33 | 4,85 | 6,99 | 15,89 | 433,33 | 7,18 | 5,22 | 12,03 |
| 3 | 4 | 166,67 | 3,73 | 6,58 | 16,92 | 533,33 | 5,55 | 4,85 | 10,09 |
| 3 | 5 | 66,67 | 0,53 | 3,65 | 9,34 | 633,33 | 4,01 | 3,34 | 8,32 |
| 3 | 6 | 166,67 | 1,98 | 6,31 | 14,77 | 733,33 | 11,78 | 4,89 | 11,04 |
| 3 | 7 | 100,00 | 1,94 | 6,46 | 15,06 | 233,33 | 8,72 | 3,64 | 14,07 |
| 3 | 8 | 133,33 | 1,46 | 5,49 | 13,04 | 366,67 | 9,63 | 7,10 | 16,23 |
| 3 | 9 | 133,33 | 2,55 | 7,37 | 15,15 | 566,67 | 8,29 | 5,75 | 11,80 |
| 4 | 1 | 633,33 | 7,51 | 9,15 | 16,67 | 1700,00 | 13,37 | 6,17 | 9,50 |
| 4 | 2 | 133,33 | 3,80 | 6,33 | 15,49 | 700,00 | 3,41 | 6,44 | 7,59 |
| 4 | 3 | 200,00 | 8,38 | 10,35 | 25,42 | 33,33 | 3,09 | 12,00 | 34,38 |
| 4 | 4 | 100,00 | 2,36 | 6,25 | 16,58 | 266,67 | 0,94 | 4,44 | 6,60 |
| 4 | 5 | 100,00 | 2,04 | 7,10 | 15,32 | 533,33 | 2,09 | 5,06 | 6,87 |
| 4 | 6 | 166,67 | 4,40 | 8,25 | 19,21 | 400,00 | 1,95 | 4,17 | 7,59 |
| 4 | 7 | 33,33 | 1,21 | 4,85 | 10,76 | 100,00 | 0,66 | 5,52 | 9,11 |
| 4 | 8 | 166,67 | 7,58 | 6,19 | 24,75 | 133,33 | 0,63 | 4,63 | 7,72 |
| 4 | 9 | 66,67 | 3,21 | 7,00 | 24,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 10 | 166,67 | 1,63 | 6,98 | 13,77 | 1233,33 | 6,65 | 4,88 | 7,91 |
| 4 | 11 | 233,33 | 5,83 | 7,48 | 18,02 | 300,00 | 2,22 | 5,89 | 9,48 |
| 4 | 12 | 100,00 | 3,99 | 8,13 | 23,79 | 433,33 | 3,43 | 5,73 | 9,41 |
| 4 | 13 | 133,33 | 7,34 | 11,00 | 25,65 | 0,00 | 0,00 | 2,25 | 6,39 |
| 4 | 14 | 66,67 | 1,44 | 8,65 | 16,55 | 1633,33 | 8,78 | 5,08 | 7,93 |
| 4 | 15 | 33,33 | 1,32 | 3,40 | 11,22 | 33,33 | 0,91 | 5,00 | 18,60 |
| 5 | 1 | 33,33 | 1,78 | 4,75 | 13,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 2 | 33,33 | 2,44 | 4,50 | 15,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 3 | 400,00 | 2,37 | 5,41 | 10,72 | 266,67 | 1,85 | 3,94 | 9,00 |
| 5 | 4 | 33,33 | 1,24 | 2,75 | 10,90 | 100,00 | 0,56 | 4,67 | 8,28 |
| 5 | 5 | 33,33 | 0,41 | 3,35 | 6,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

A variável área basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$) das espécies nativas não candeias apresentou correlação não paramétrica de Spearman com valor negativo de 0,6; 0,7 e 0,8 com a densidade de regenerações estabelecidas, não estabelecidas e recrutas respectivamente. Isso indica que o estrato arbóreo teve um efeito maior nas regenerações em fase inicial de desenvolvimento. Além disso, a correlação com a frequência total da regeneração foi de -0,8 e este pode ser um fator que afeta a distribuição das regenerações ao longo da área. Esse efeito está relacionado ao fato de que outras espécies presentes na área causam o sombreamento do solo em algumas regiões, evitando a incidência de radiação direta para os indivíduos e prejudicando o desenvolvimento das regenerações (DOBROWOLSKA, 2008). Isso pode ser um indicativo de que em áreas, onde a candeia ocorre em maior competição com outras espécies, o manejo pode ficar comprometido ao longo do tempo, pois a regeneração é afetada. Esse mesmo efeito foi detectado por Bahamonde et al. (2011), ao estudar a regeneração natural de *Nothofagus spp.* em área de floresta nativa na patagônia, Argentina. Segundo o autor, a cobertura das copas do estrato arbóreo pode ser uma das causas do baixo desenvolvimento da regeneração, uma vez que a espécie se estabelece melhor sob alta luminosidade. Além disso, estudos como os de Peri, Monelos e Bahamonde (2006) e Tejera, Hansen e Fertig (2005) detectaram em uma floresta com 80 % de cobertura de copa a densidade de regenerações foi inferior, em relação a uma área com mesmo sítio, mas com 50 % de cobertura de copa.

Ao analisar a Tabela 8, observa-se que os fragmentos 2, 3 e 4 são os que possuem maior área basal de outras espécies e, também, os que apresentaram menor frequência de distribuição da regeneração (Tabela 9), fortalecendo a ideia de que a ocupação da área manejada por outras espécies pode estar relacionada com a forma como a regeneração irá se estabelecer espacialmente e em intensidade no fragmento. Além disso, os fragmentos 1 e 5, que possuíam 94,9 e

100 %, respectivamente, de predominância de candeia antes da realização do manejo, foram os que apresentaram a melhor distribuição das regenerações na área, indicando que o sucesso da regeneração está relacionado com as condições de predominância de candeia na área antes do manejo.

Quanto a densidade de indivíduos arbóreos de candeia, a maior correlação não paramétrica, também, foi com a frequência da regeneração, sendo de -0,8. Isso mostra que o número de árvores porta sementes pode não ser o diferencial para o desenvolvimento da regeneração e, sim, a forma como essas estão distribuídas na área. Prova disso é o fragmento 5, que apresentou menor densidade (73,33 indivíduos.ha⁻¹) de árvores porta sementes (Tabela 8) e, no entanto, é o fragmento de maior densidade de regenerações (6.866,67 indivíduos.ha⁻¹) e de maior frequência (96,67 %) nas três classes de recrutamento (Tabela 7), mostrando que o mesmo está se regenerando em toda a área.

Tabela 8 Densidade - DA (indivíduos.ha⁻¹), área basal - G (m².ha⁻¹), altura total média - HT (m) e diâmetro a altura do peito médio - DAP (cm) em cada fragmento (F)

| F | Candeia | | | | Outras Espécies Nativas | | | |
|---|---------|------|------|-------|-------------------------|------|------|-------|
| | DA | G | HT | DAP | DA | G | HT | DAP |
| 1 | 111,90 | 2,16 | 5,89 | 15,01 | 50,00 | 0,31 | 3,64 | 8,42 |
| 2 | 250,00 | 4,37 | 6,92 | 15,28 | 1075,00 | 9,22 | 4,82 | 9,32 |
| 3 | 107,41 | 2,34 | 6,21 | 14,36 | 414,81 | 6,30 | 4,67 | 11,00 |
| 4 | 122,22 | 4,14 | 7,41 | 18,52 | 500,00 | 3,21 | 5,52 | 10,65 |
| 5 | 73,33 | 1,65 | 4,15 | 11,25 | 73,33 | 0,48 | 4,3 | 8,64 |

Tabela 9 Densidade de regenerações estabelecidas - DE, não estabelecidas - DNE, recrutadas - DR e total - DT (indivíduos.ha⁻¹) e valores de frequência das regenerações estabelecidas - FRE, não estabelecidas - FRNE, recrutadas - FRR e total - FT (%) em cada fragmento (F)

| F | DE | DNE | DR | DT | FRE | FRNE | FRR | FT |
|---|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 264,29 | 3.209,52 | 1.523,81 | 4.997,62 | 14,88 | 86,90 | 60,71 | 92,26 |
| 2 | 108,33 | 1.883,33 | 166,67 | 2.158,33 | 16,67 | 58,33 | 27,08 | 60,42 |
| 3 | 55,56 | 148,15 | 581,48 | 785,19 | 12,04 | 23,15 | 39,81 | 55,56 |
| 4 | 364,44 | 1.153,33 | 195,56 | 1.713,33 | 28,89 | 53,89 | 19,44 | 60,56 |
| 5 | 2.213,33 | 3.093,33 | 1.560,00 | 6.866,67 | 96,67 | 93,33 | 71,67 | 96,67 |

4.2.3 Estabelecimento da regeneração natural por fragmento

Na sequência, o principal foco foi avaliar o estabelecimento da regeneração natural no fragmento como um todo. Esse tipo de análise leva em consideração apenas as regenerações não estabelecidas e já estabelecidas, deixando de fora as regenerações recrutadas, por ainda serem jovens e estarem mais susceptíveis às condições do ambiente. A Figura 22 mostra os valores de altura média ponderada e o índice de estabelecimento das regenerações em cada fragmento. Já a Figura 23 informa os índices de estoque e o estoque estabelecido.

A altura média ponderada e o índice de estabelecimento dos fragmentos (Figura 22) foram crescentes, em função da idade e apresentaram correlação não paramétrica de Spearman, sendo positiva e igual a 1 com essa variável. Isso mostra que ao longo do tempo, a tendência é que a área seja ocupada por regenerações estabelecidas e com potencial para o manejo no futuro. No entanto, ainda não se pode afirmar qual o tempo necessário, uma vez que o crescimento desses indivíduos depende das condições locais de cada área manejada.

A altura média ponderada variou de 0,63 m (fragmento 1) até 1,04 m (fragmento 5). Estes valores estão abaixo do encontrado por Andrade (2008) em uma área de candeia pura (100 %) submetida ao sistema de manejo com porta

sementes. Neste trabalho, a altura média encontrada aos 2 e 4 anos foi de 1,23 e 1,44 m, respectivamente, fortalecendo a ideia de que a resposta do fragmento após o manejo é variada entre locais diferentes.

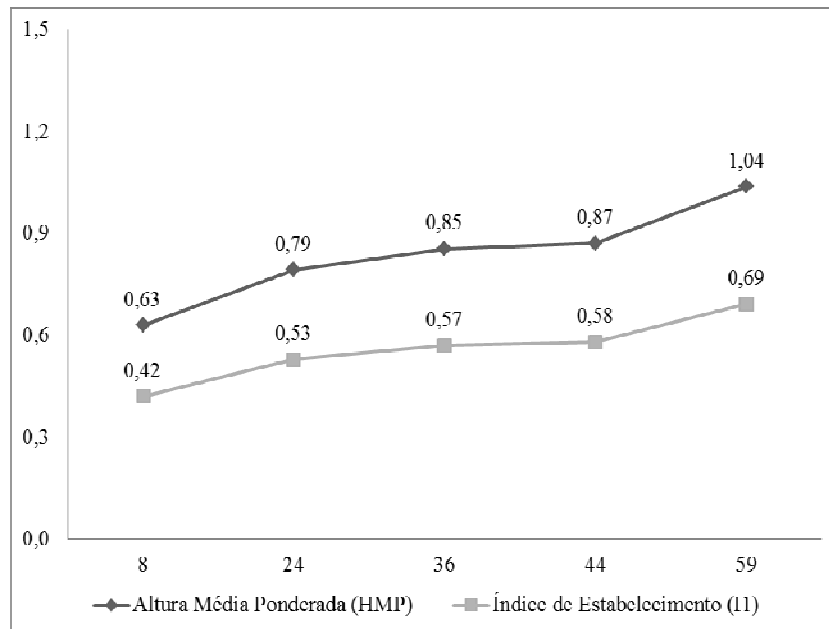


Figura 22 O eixo Y representa altura média ponderada, em metros, e índice de estabelecimento. O eixo X representa a idade de exploração, em meses

O índice de estabelecimento seguiu a mesma tendência da altura média ponderada em cada fragmento, com valores também inferiores aos encontrados por Andrade (2008).

Para poder inferir sobre o sucesso da regeneração com mais firmeza, é preciso associar o crescimento das regenerações com a intensidade com que as mesmas ocorrem.

Ao analisar o índice de estoque das áreas, percebe-se que este foi maior para os fragmentos 1 e 5, com 2.986,67 e 1.066,67 indivíduos por hectare, respectivamente, e menor para o fragmento 3 com 92,59 indivíduos por hectare.

Quanto ao estoque estabelecido, que associa o estabelecimento com o estoque da regeneração, este foi consideravelmente superior no fragmento 5, retratando que essa área se encontra em processo satisfatório de renovação da floresta.

O fragmento com apenas 8 meses de manejo (fragmento 1) foi o segundo melhor com estoque estabelecido de 447,58 indivíduos por hectare. O menor estoque estabelecido também, foi no fragmento 3 com apenas 52,72 indivíduos por hectare.

Já os fragmentos 2 e 4 apresentaram estoque estabelecido semelhantes com, respectivamente, 305,87 e 378,65 indivíduos por hectare.

No trabalho realizado por Andrade (2008), os estoques estabelecidos encontrados com 1, 2 e 4 anos foram de 225,35, 2.226,65 e 4.567,17 indivíduos por hectare respectivamente. Pode-se perceber que mesmo o fragmento 5, onde foi detectado o maior estoque estabelecido, ainda está abaixo do valor de referência quantificado por Andrade (2008) aos 48 meses. Vale ressaltar que o fragmento 5 já havia passado pelo processo de raleamento da regeneração, antes do levantamento dos dados, o que com certeza colaborou para a obtenção deste resultado.

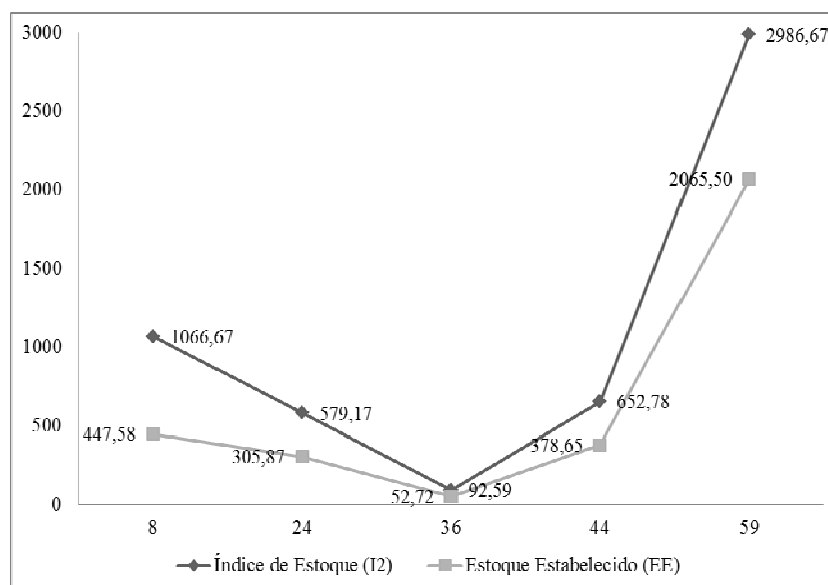


Figura 23 O eixo Y representa o índice de estoque, indivíduos/ha, e o estoque estabelecido. O eixo X representa a idade de exploração, em meses

4.2.4 Estabelecimento da regeneração natural por parcela

Uma análise da regeneração, levando em consideração o fragmento como um todo, pode gerar resultados subjetivos, uma vez que o aspecto espacial da regeneração dentro de um mesmo fragmento é variado, conforme apresentado nos valores de frequência da Tabela 9. Assim, foi preciso conhecer o estabelecimento da regeneração em cada parcela. Nesta situação procurou-se avaliar os índices apresentados nas figuras 21 e 22, levando em consideração a parcela como área de estudo, sendo possível estabelecer um grau de comparação das regenerações nos diferentes fragmentos. Para tal, o fragmento foi considerado como o tratamento e as parcelas as repetições.

A primeira etapa para a realização desta análise foi avaliar que tipo de distribuição os dados se assemelham. Segundo Ferreira (2009), os testes de médias tradicionais demandam que as características apresentem distribuição aproximadamente normal. Desta forma, aplicou-se inicialmente o teste de

Shapiro-Wilk, para verificar a distribuição aproximada dos dados. A Tabela 10 mostra os valores obtidos no teste para cada uma das variáveis avaliadas.

Tabela 10 Valores do teste de Shapiro-Wilk(W) para os índices da regeneração calculados por parcela em cada fragmento submetido ao manejo, onde Gl são os graus de liberdade e p-valor a probabilidade de rejeitar a hipótese nula, quando a mesma for verdadeira

| Estatística | DE | DNE | DR | DT | IE₁ | IE₂ | EE |
|--------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| W | 0,6573 | 0,7329 | 0,5481 | 0,7278 | 0,9684 | 0,7643 | 0,7420 |
| GL | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| p-valor | 0,0000* | 0,0000* | 0,0000* | 0,0000* | 0,2307 | 0,0000* | 0,0000* |

*Significativo

Observando os valores da Tabela10 foi possível verificar que apenas o índice de estabelecimento (IE₁) apresentou distribuição aproximadamente normal. Para os demais índices, que não apresentaram essa característica, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (PIMENTEL-GOMES, 2009), para comparar o padrão de desenvolvimento da regeneração natural em cada fragmento manejado. A Tabela 9 indica os valores dos índices médios, por parcela em cada fragmento.

A maior densidade média de regenerações estabelecidas ocorreu no fragmento 5 (2.213,33 indivíduos/ha) e no fragmento de 4 (364,44 indivíduos/ha), sendo essas as duas áreas com maior idade de exploração, com 59 e 44 meses respectivamente. Já a densidades de regenerações não estabelecidas e recrutadas foi predominante nos fragmentos 1 e 5. No caso do fragmento 1, a densidade de recrutadas está muito abaixo do valor (6.851,65) encontrado por Andrade (2008), no primeiro ano após o manejo. Já o fragmento 5, possui densidade de recrutadas muito superior ao encontrado no mesmo estudo (53,36), aos 4 anos de idade. Quanto a densidade total, essa foi superior nos fragmentos 1 e 5 e baixa no fragmento 3, com 785,19 indivíduos por hectare.

Tabela 11 Densidade média, por parcela, das regenerações estabelecidas - DE, não estabelecidas - DNE, recrutas - DR e total - DT (indivíduos/ha), e índices de estabelecimento - IE₁, de estoque - IE₂ e estoque estabelecido - EE (indivíduos/ha), médio por parcela, em cada fragmento

| F | DE | DNE | DR | DT | IE₁ | IE₂ | EE |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| 1 | 264,29 | 3.209,52 | 1.523,81 | 4.997,62 | 0,41 | 1.066,67 | 462,32 |
| 2 | 108,33 | 1883,33 | 166,67 | 2.158,33 | 0,53 | 579,17 | 332,69 |
| 3 | 55,56 | 148,15 | 581,48 | 785,19 | 0,56 | 92,59 | 65,86 |
| 4 | 364,44 | 1153,33 | 195,56 | 1.713,33 | 0,60 | 652,78 | 411,84 |
| 5 | 2.213,33 | 3.093,33 | 1.560,00 | 6.866,67 | 0,73 | 2.986,67 | 2.090,27 |

Quanto aos índices de estabelecimento e de estoque, estes foram superiores também no fragmento 5, assim como o estoque estabelecido. Pode-se perceber que a média por parcela deste índice foi superior aos valores obtidos para os fragmentos como um todo (Figura 23). No entanto, estes valores ainda são inferiores aos detectados por Andrade (2008), podendo ser explicados pela competição, como foi observado em alguns trabalhos (SILVA JÚNIOR et al., 2004; SOUZA et al., 2007) e as diferenças de altitude que podem gerar condições desfavoráveis para o desenvolvimento da espécie. No entanto, é preciso estudos mais aprofundados para comprovar essa hipótese.

A área que apresentou estoque estabelecido diferenciado, também, foi o fragmento 5 com 2.090,27 indivíduos por hectare. Um detalhe importante é que essa área, além de estar localizada em maior altitude, é a que possuía 100 % de predominância de candeia antes do manejo, o que pode tornar o ambiente local apto ao estabelecimento da regeneração da candeia.

A Tabela 12 mostra os valores das estatísticas obtidas por meio do teste de Kruskal-Wallis (PIMENTEL-GOMES, 2009) para todas as variáveis analisadas e que não apresentaram distribuição aproximadamente normal, conforme o teste de Shapiro-Wilk. Pode-se perceber que os valores de KW foram significativos em todas as variáveis, indicando que em cada uma delas, pelo menos dois fragmentos são diferentes estatisticamente.

Tabela 12 Valores das estatísticas obtidas no teste de Kruskal-Wallis (KW), para as variáveis densidade de regenerações estabelecidas – DE, densidade de regenerações não estabelecidas – DNE, densidade de regenerações recrutadas – DR e densidade total – DT (indivíduos/ha) e índices de estoque – IE₂ e estoque estabelecido – EE (indivíduos/ha). Onde KW é o valor obtido com base na distribuição χ^2 , GL são os graus de liberdade e p-valor a probabilidade de rejeitar a hipótese nula, quando a mesma for verdadeira

| Estatística | DE | DNE | DR | DT | IE₂ | EE |
|--------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|
| KW (χ^2) | 19,1016 | 22,8090 | 17,0591 | 20,9333 | 23,9868 | 22,1323 |
| GL | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| p-valor | 0,00075* | 0,00013* | 0,00188* | 0,00032* | 0,00008* | 0,00018* |

*Significativo

Já a Tabela 13 informa os resultados do teste de comparação e mostra quais os fragmentos que diferiram estatisticamente para cada variável analisada.

Para a variável densidade de regenerações estabelecidas, a diferença entre as médias por parcela foi significativa entre os fragmentos 1 e 5 e entre os fragmentos 4 e 5. O primeiro caso é de se esperar uma vez que se trata dos fragmentos com menor e maior idade de exploração, respectivamente, pois o número de regenerações estabelecidas aumentou com a idade. No segundo caso, esperava-se não existir essa diferença, mas por se tratar de duas áreas diferentes, sujeitas às condições ambientais diferentes e devido o fragmento 4 estar numa condição de que algumas parcelas, ocupadas por estrato arbóreo de outras espécies, se apresentaram com regeneração baixa ou sem regeneração, é justificável a obtenção deste resultado.

Em relação à densidade de regenerações não estabelecidas, o fragmento 3 foi o que apresentou diferenças significativas, quando comparados com os fragmentos 1 e 5. Este resultado era de se esperar, pois o fragmento 3 foi o que apresentou menor intensidade de regeneração, ao passo que os fragmentos 1 e 5 foram os melhores. Além disso, o fragmento 3 apresenta predomínio de regenerações recrutadas.

Quanto a densidade de regenerações recrutadas, as diferenças foram significativas entre os fragmentos 1 e 4 e entre os fragmentos 4 e 5. Este resultado vai de encontro com os apresentados na Tabela 11, pois os fragmentos 1 e 5 foram os que apresentaram maior densidade média por parcela de regenerações recrutadas.

Levando em consideração o total das regenerações, independente da classe de recrutamento, o fragmento 3 apresentou diferenças significativas em relação aos fragmentos 1 e 5, confirmando ainda mais a inferioridade deste fragmento, em termos de quantidade de regenerações, em relação aos demais fragmentos. Isso fica mais evidente, quando se analisa o índice de estoque, pois o mesmo resultado também foi obtido para este índice, que considera apenas as regenerações não estabelecidas e estabelecidas por hectare.

Tabela 13 Resultados do teste de Kruskal-Wallis, ao nível de significância de 5 %, para as variáveis densidade de regenerações estabelecidas – DE, densidade de regenerações não estabelecidas – DNE, densidade de regenerações recrutadas – DR e densidade total – DT (indivíduos/ha) e índices de estoque – IE₂ e estoque estabelecido – EE (indivíduos/ha)

| Pares de Fragmentos | Diferença Crítica | Diferença Observada | | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------|--------|--------|--------|-----------------|--------|
| | | DE | DNE | DR | DT | IE ₂ | EE |
| F1-F2 | 21,82 | 2,75 | 9,80 | 15,61 | 12,41 | 8,16 | 4,68 |
| F1-F3 | 16,44 | 0,92 | 26,37* | 4,66 | 21,23* | 21,03* | 16,10 |
| F1-F4 | 14,30 | 10,45 | 12,30 | 16,90* | 13,45 | 5,64 | 0,04 |
| F1-F5 | 20,05 | 26,85* | 1,13 | 4,79 | 5,91 | 13,96 | 19,17 |
| F2-F3 | 23,12 | 3,67 | 16,57 | 10,94 | 8,82 | 12,88 | 11,42 |
| F2-F4 | 21,65 | 7,70 | 2,49 | 1,30 | 1,04 | 2,53 | 4,72 |
| F2-F5 | 25,81 | 24,10 | 8,68 | 20,40 | 18,33 | 22,13 | 23,85 |
| F3-F4 | 16,22 | 11,37 | 14,08 | 12,24 | 7,78 | 15,40 | 16,13 |
| F3-F5 | 21,46 | 27,76* | 25,24* | 9,46 | 27,14* | 35,00* | 35,26* |
| F4-F5 | 19,87 | 16,40 | 11,17 | 21,70* | 19,37 | 19,60 | 19,13 |

*Diferença significativa

Para o estoque estabelecido, que fornece a ideia do número de plantas estabelecidas por hectare, ponderados pela altura média dessas plantas, as médias foram diferentes estatisticamente entre os fragmento 3 e 5. Este resultado permite inferir que o fragmento 5 está num processo de desenvolvimento, que garante a sustentabilidade do manejo, ao contrário do fragmento 3 que retrata uma área, que talvez não deveria ter sido manejada ou que precisa de algum tipo de tratamento especial para a regeneração, pois se encontra em uma área de transição e compete com outras espécies por fatores do ambiente. Ao se observar a Tabela 7 pode-se perceber que o fragmento 3 apresenta a maioria das parcelas com densidade de outras espécies nativas superior à densidade de candeia, corroborando o fato de que o manejo deve ser realizado somente em áreas com predominância de candeia.

É preciso analisar possíveis fatores, que possam influenciar o desenvolvimento da regeneração nessas áreas manejadas. No caso deste trabalho, foi feita a correlação não paramétrica com alguns fatores inerentes ao ambiente.

A correlação não paramétrica do estoque estabelecido médio com a altitude e a predominância inicial de candeia nos fragmentos foi de 0,82 e 0,90 respectivamente.

No caso da altitude, percebe-se que o aumento desta favorece o estoque estabelecido por parcela, pois no fragmento 3, que possui menor elevação, foram encontrados os menores estoques. Já no fragmento 5, com maior elevação, foram obtidos os maiores estoques estabelecido por parcela. O estabelecimento e recrutamento de árvores podem variar de acordo com mudanças na altitude (BLOCK; TRETER, 2001; PENUELAS et al., 2007; WANGDA; OHSAWA, 2006). Em estudo realizado por Dang et al. (2010), a densidade de regeneração de *Abies fargesii* aumentou de forma proporcionalmente direta com a altitude.

Quanto a predominância de candeia em cada fragmento, pode-se perceber que esta, também, foi influente no estoque estabelecido, pois o mesmo foi crescente com o aumento do percentual de candeia, sendo a única exceção o fragmento 3, que apresentou estoques estabelecidos abaixo do esperado. No entanto, como já mencionado, este é o fragmento que se encontra na menor altitude, com menor precipitação média anual e possui solo diferente das demais áreas, o que pode ser diferencial no desenvolvimento da regeneração (SILVA JÚNIOR et al., 2004). A diferença dos tipos de solo entre o fragmento 3 e os demais, indica que o primeiro possui propriedades físicas muito limitantes enquanto que os demais apresentam boas propriedades físicas (CURI et al., 2008). Este resultado permite inferir que outros fatores devem ser levados em consideração, antes da execução do manejo da candeia em uma área, pois o sucesso da regeneração e a garantia da sustentabilidade podem estar relacionados a esses fatores.

A associação do estoque estabelecido, simultaneamente, com a altitude e predominância de candeia (Figura 24), antes da realização do manejo mostra o efeito dessas duas variáveis no estabelecimento da regeneração nas áreas.

Partindo do fragmento 3, com menor altitude (950 m) e predominância de candeia de 81,05 % tem-se os menores estoques estabelecidos nas parcelas. Mantendo a predominância de candeia próxima dessa faixa (78,91 %) e, aumentando a altitude para 1400 m (fragmento 2), obtém-se estoques estabelecidos nas parcelas um pouco maiores. Partindo para os fragmentos 1 e 4, que apresentam maiores predominância de candeia e maiores altitudes, os estoques estabelecidos também se elevam, até atingir os valores máximos encontrados no fragmento 5.

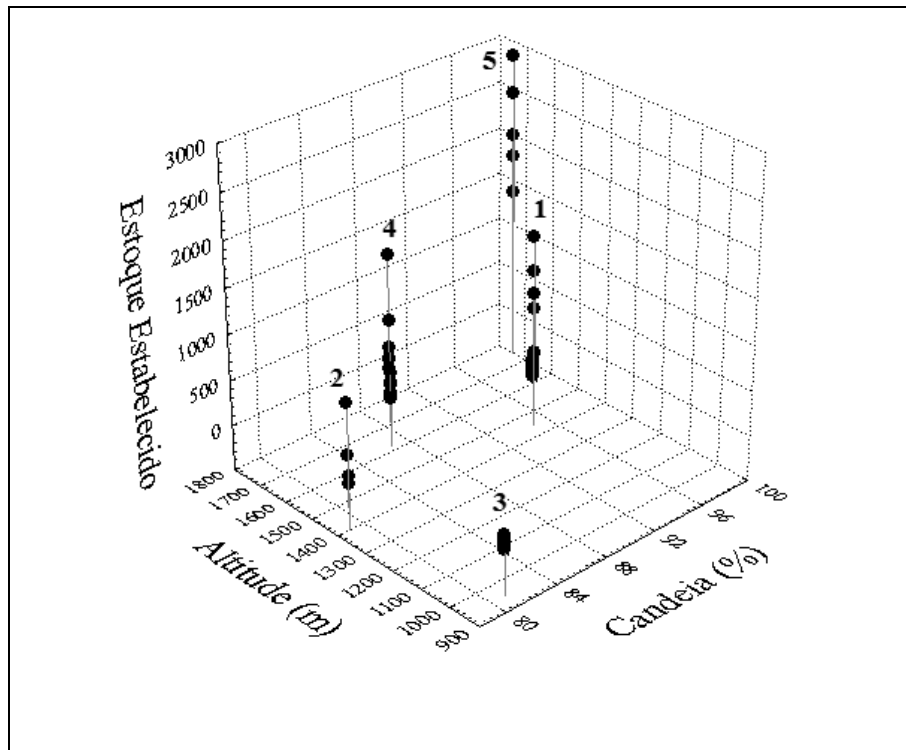


Figura 24 Estoque estabelecido por parcela em função da altitude, em metros, e da predominância de candeia, em porcentagem

4.3 Espacialização da regeneração natural e do estrato arbóreo

A espacialização da intensidade da regeneração nos fragmentos manejados foi realizada para compreender como essa se estabelece na área, indicando quais regiões do fragmento merecem maiores cuidados quanto ao seu desenvolvimento e propiciar estudos mais específicos nesses locais.

Para as regenerações de candeia, o ajuste do semivariograma foi realizado por meio do método dos mínimos quadrados ponderados. O modelo que mais se adequou para retratar a continuidade espacial dessa variável foi o Gaussiano, exceto no fragmento 4, que se adequou mais ao modelo *Wave*, conforme Figura 25. A Tabela 14 indica os parâmetros ajustados: efeito pepita (τ^2), contribuição (σ^2) alcance (ϕ) e índice de dependência espacial (IDE).

De acordo com os resultados, as parcelas variaram desde um alcance de 9,9 m, para o fragmento 5, até o alcance de 234,13 m para o fragmento 1. Esses valores indicam que parcelas que apresentam esses valores de distâncias umas das outras, nos respectivos fragmentos, apresentam elevada semelhança quanto à variável número de regenerantes.

O menor efeito pepita foi no fragmento 3, indicando que da variação total, 1,69 indivíduos² é aleatória e 7,59 indivíduos² podem ser explicadas por uma componente espacial. Já o fragmento 1 foi o que apresentou o maior valor de efeito pepita (46,46 indivíduos²), mas com forte dependência espacial da regeneração nesta área, uma vez que a contribuição foi de 204,41 indivíduos².

O grau de dependência espacial da regeneração foi forte nos fragmentos 1, 2, 3 e 5, indicando que as regiões do fragmento, onde a regeneração é intensa são influenciadas pelas áreas de adjacência. O fragmento 4 foi o único a apresentar dependência espacial moderada, conforme Bionde et al. (1994).

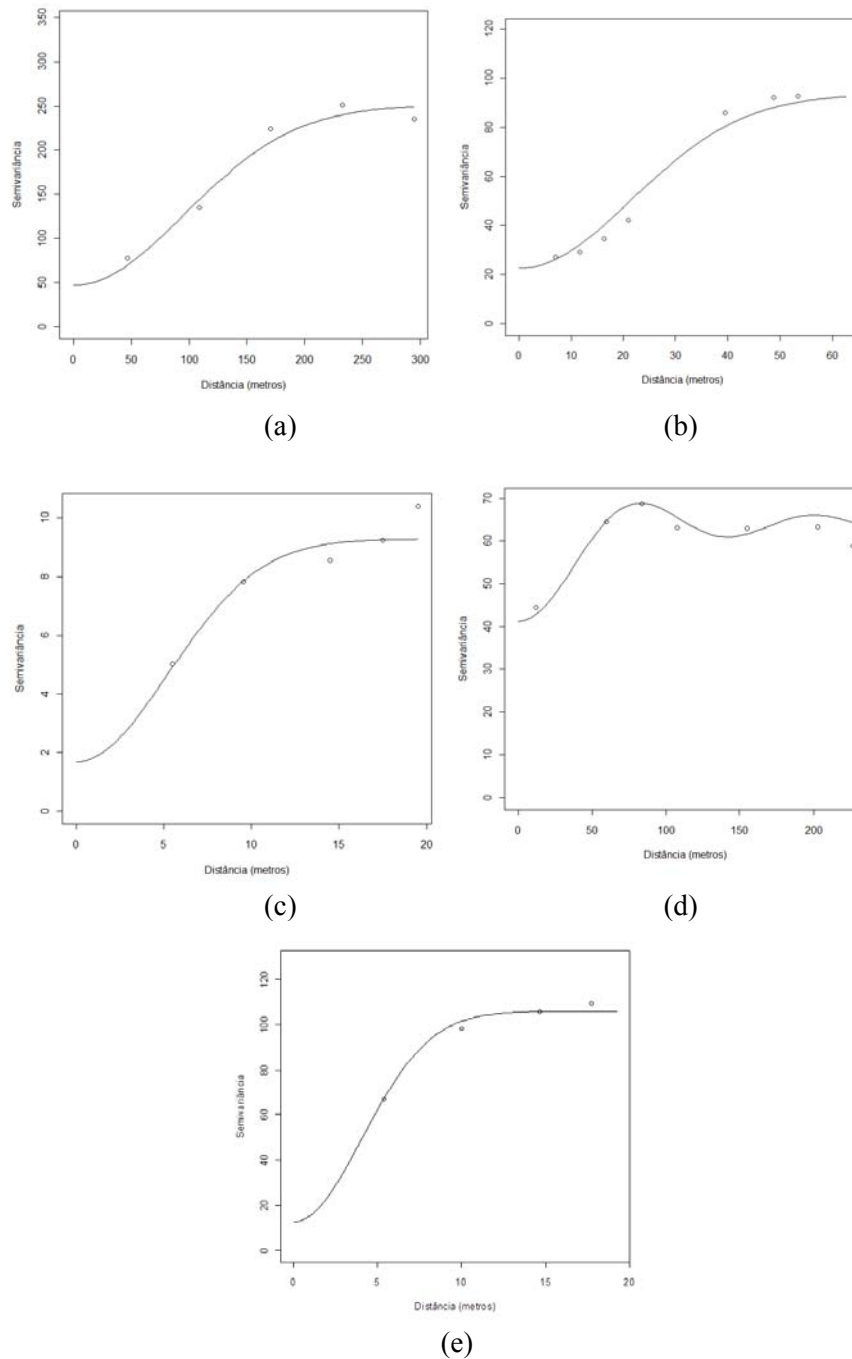


Figura 25 Gráfico de semivariância nos fragmentos 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e 5 (e) para a variável número de regenerações de candeia

Tabela 14 Parâmetros estimados para regeneração natural da candeia

| Fragmento | σ^2 | θ | τ^2 | IDE | Dependência |
|------------------|------------|----------|----------|------------|--------------------|
| 1 | 204,41 | 135,27 | 46,46 | 81,48 | Forte |
| 2 | 70,92 | 30,49 | 22,57 | 75,86 | Forte |
| 3 | 7,59 | 7,38 | 1,69 | 81,79 | Forte |
| 4 | 22,55 | 18,36 | 41,35 | 35,29 | Moderada |
| 5 | 93,07 | 5,72 | 12,75 | 87,95 | Forte |

Esses resultados evidenciaram que a continuidade espacial da regeneração natural da candeia, em áreas manejadas é um fator de relevância, para auxiliar no manejo sustentável da espécie e deve ser levado em consideração, conforme destacam Silva et al. (2008) e Kanegae Júnior (2004). A principal questão a ser levantada é compreender os fatores do ambiente que podem estar influenciando na distribuição da regeneração natural nessas áreas e procurar alternativas, que possam favorecer o desenvolvimento da espécie, pois este depende da interação dos fatores bióticos e abióticos locais (CAPRETZ, 2004).

Como a caracterização das condições ambientais nas áreas manejadas foi feita por meio do zoneamento ecológico econômico de Minas Gerais, que foi realizado em macro escala, não se pode inferir ao certo qual o fator do ambiente pode estar contribuindo em maior intensidade, para que a regeneração natural tenha esse comportamento. Para isso, seria necessário caracterizar cada fragmento internamente a um nível de micro escala.

No entanto, foi possível perceber em campo, a existência de uma relação entre a regeneração natural da candeia com o estrato arbóreo remanescente e esta pode ser uma influência para o estabelecimento da regeneração.

Assim, foi necessário realizar a espacialização do estrato arbóreo em cada fragmento, com o intuito de perceber como o mesmo se distribui, em relação à regeneração natural da candeia. A Figura 26 mostra os gráficos de semivariância em cada fragmento, para o estrato arbóreo de outras espécies.

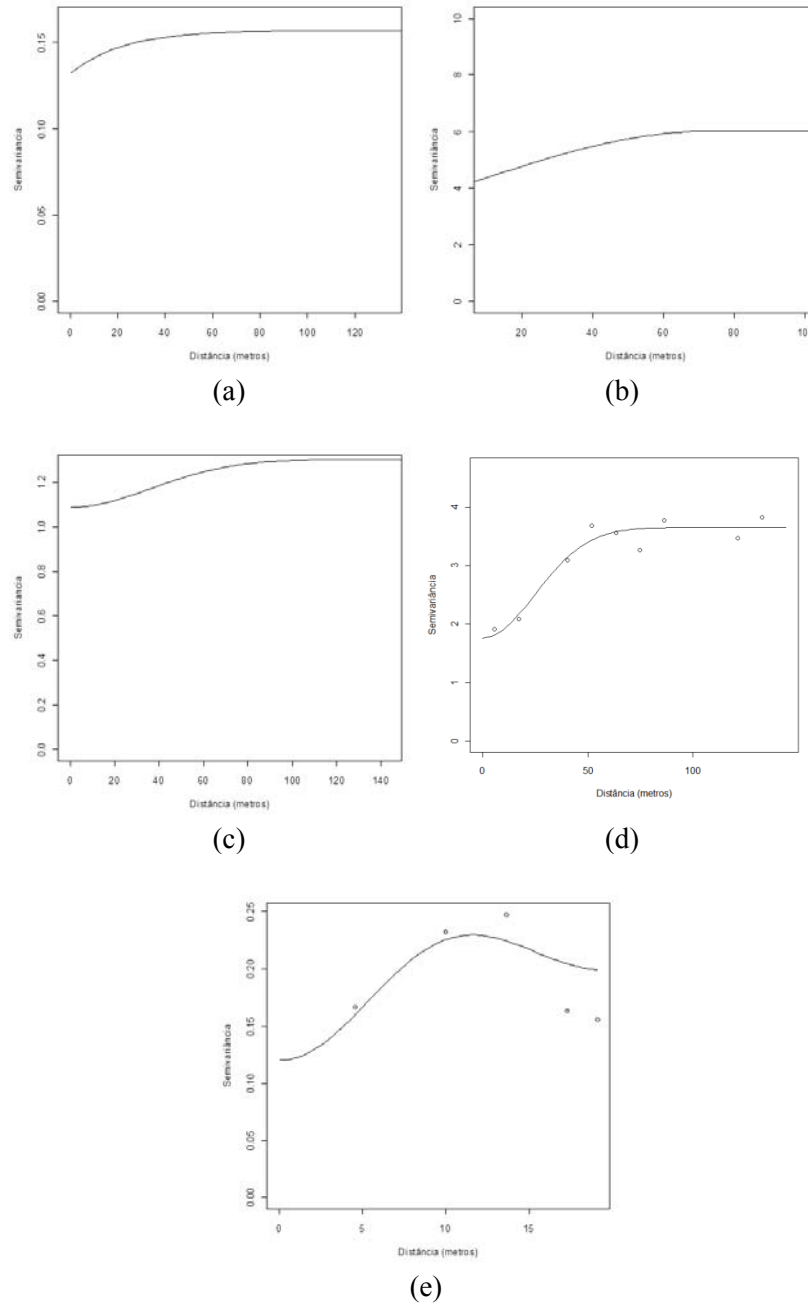


Figura 26 Gráfico de semivariância nos fragmentos 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) e 5 (e) para a variável número de indivíduos arbóreos de outras espécies nativas

Para o número de indivíduos arbóreos de outras espécies nativas, os ajustes de modelos para o semivariograma foram realizados por meio do método da máxima verossimilhança (fragmentos 1, 2 e 3) e dos mínimos quadrados ponderados (fragmentos 4 e 5). Os modelos que mais se adequaram para retratar a continuidade espacial dessa variável foram o exponencial (fragmentos 1 e 2), Gaussiano (fragmentos 3 e 4) e *Wave* (fragmento 5). A Tabela 15 indica os parâmetros dos modelos de semivariograma ajustados para a respectiva variável: Efeito pepita (τ^2), Contribuição (σ^2) Alcance (θ) e índice de dependência espacial (IDE).

A dependência espacial variou de moderada (fragmentos 2, 4 e 5) a fraca (fragmentos 1 e 3), indicando que a continuidade espacial do estrato arbóreo das espécies nativas não é tão elevada.

Além disso, o maior alcance foi encontrado no fragmento 2, com 73,52 m e o menor alcance no fragmento 5, com 2,58 m. Esses valores representam a distância máxima, onde existe dependência espacial entre as unidades amostrais.

Os menores valores de efeito pepita foram nos fragmentos 5 e 1 com 0,12 e 0,13 indivíduos² respectivamente. O maior efeito pepita foi para o fragmento 2 com 3,94 indivíduos².

Tabela 15 Parâmetros estimados para o estrato arbóreo de outras espécies nativas

| Fragmento | σ^2 | θ | τ^2 | IDE | Dependência |
|------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|--------------------|
| 1 | 0,02 | 21,96 | 0,13 | 15,78 | Fraca |
| 2 | 2,08 | 73,52 | 3,94 | 34,55 | Moderada |
| 3 | 0,21 | 51,53 | 1,09 | 16,42 | Fraca |
| 4 | 1,89 | 35,08 | 1,76 | 51,78 | Moderada |
| 5 | 0,09 | 2,58 | 0,12 | 42,86 | Moderada |

Conhecer a forma de distribuição espacial do estrato arbóreo foi importante devido a frequência da regeneração da candeia ter apresentado elevada correlação com a área basal dessas outras espécies. Assim, foi possível

inferir sobre a existência de uma relação espacial entre a regeneração natural da candeia na área manejada com o estrato arbóreo remanescente.

De posse dos modelos ajustados e seus respectivos parâmetros, foi possível realizar a interpolação espacial (krigagem) destas, em cada área de manejo e analisar a forma como elas se distribuem espacialmente na área. As Figuras de 27 a 31 mostram os mapas de krigagem realizados para as duas variáveis em questão.

Pode-se perceber que nos fragmentos 1 e 5, onde o número de indivíduos arbóreos de outras espécies nativas ocorreu com baixa intensidade, a intensidade da regeneração se apresenta com as classes média e alta nesses fragmentos. Estes representavam candeais com maior predominância de candeia antes do manejo, o que propicia maior quantidade de indivíduos porta sementes e melhor distribuição espacial destes na área após a exploração.

Nos demais fragmentos (2, 3 e 4), onde o estrato arbóreo de outras espécies nativas ocorre em classes de maior intensidade, os indivíduos de regeneração da candeia ocorrem com intensidade, variando de alta a baixa, dependendo da região do fragmento. Ao se observarem as Figuras 28, 29 e 30, que correspondem aos fragmentos 2, 3 e 4, respectivamente, este efeito é mais visível, pois nas regiões destes fragmentos, onde a outras espécies nativas ocorreram em maior intensidade é justamente, onde a regeneração da candeia é menos intensa e vice-versa.

Este resultado permite inferir que a remoção de árvores nessas regiões do fragmento pode não ser viável do ponto de vista da sustentabilidade do manejo, uma vez que a regeneração natural da candeia fica comprometida nesses locais devido ao sombreamento (SILVA, 2001) e competição por recursos do ambiente. O principal fator que parece afetar é o sombreamento causado pelas copas das árvores, pois a candeia é uma espécie que necessita de luminosidade direta para o seu desenvolvimento (SCOLFORO et al., 2008).

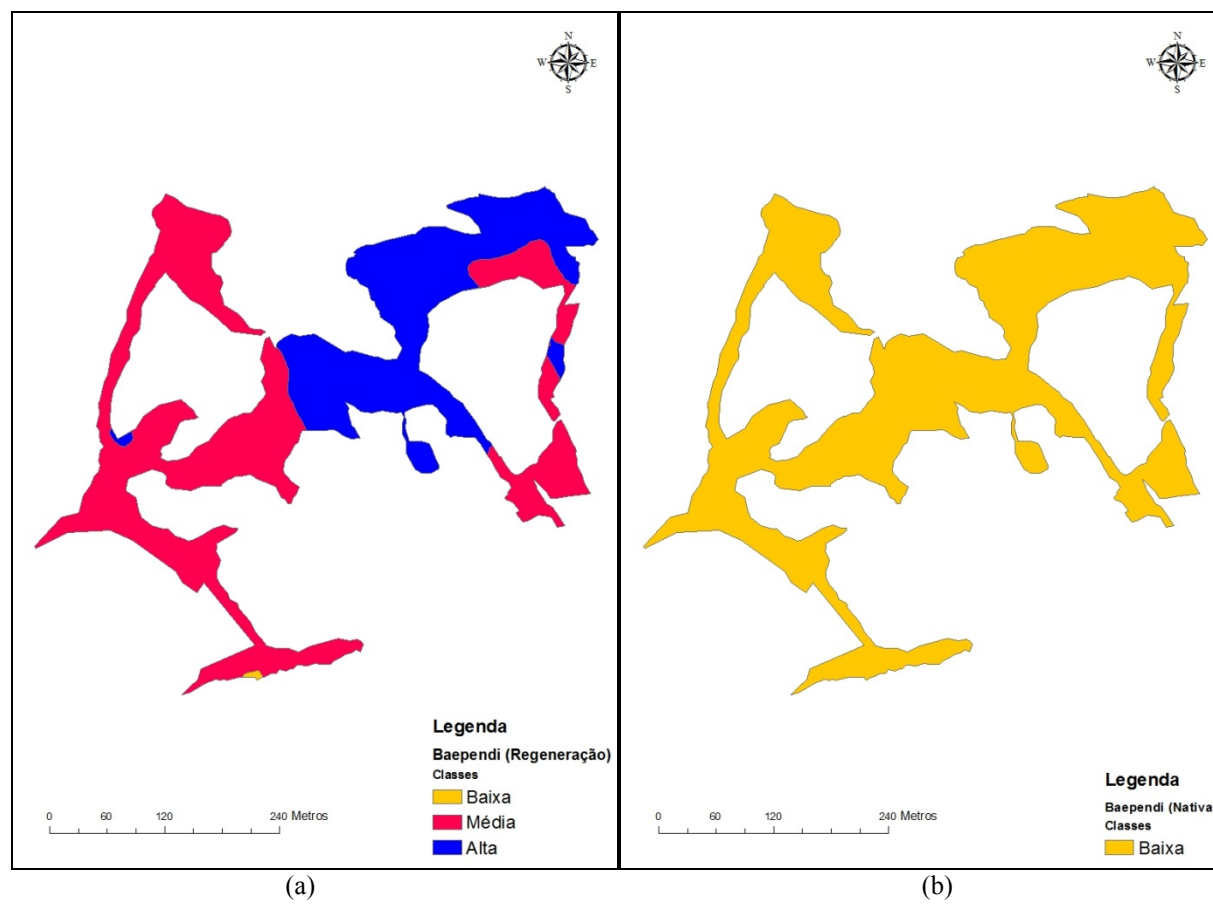


Figura 27 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 1

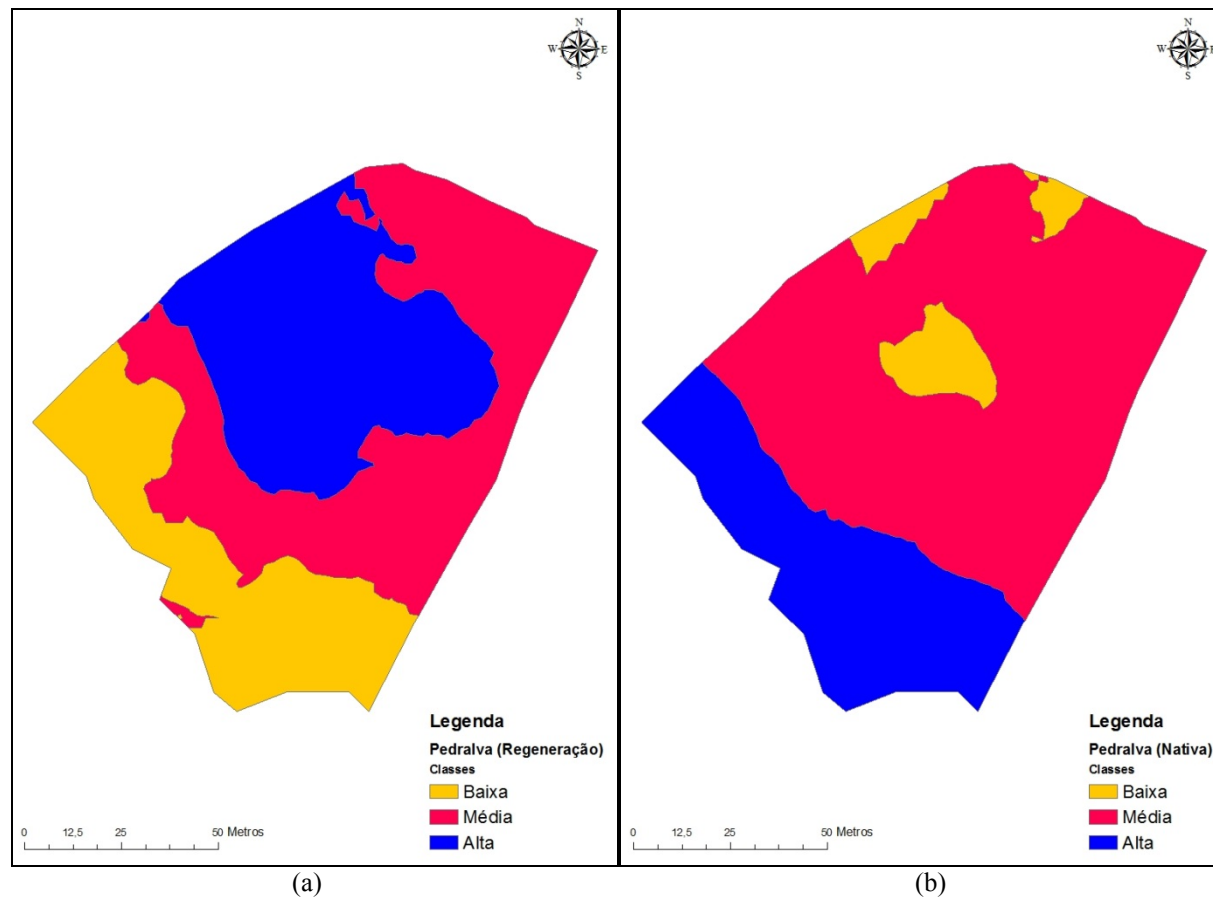


Figura 28 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 2

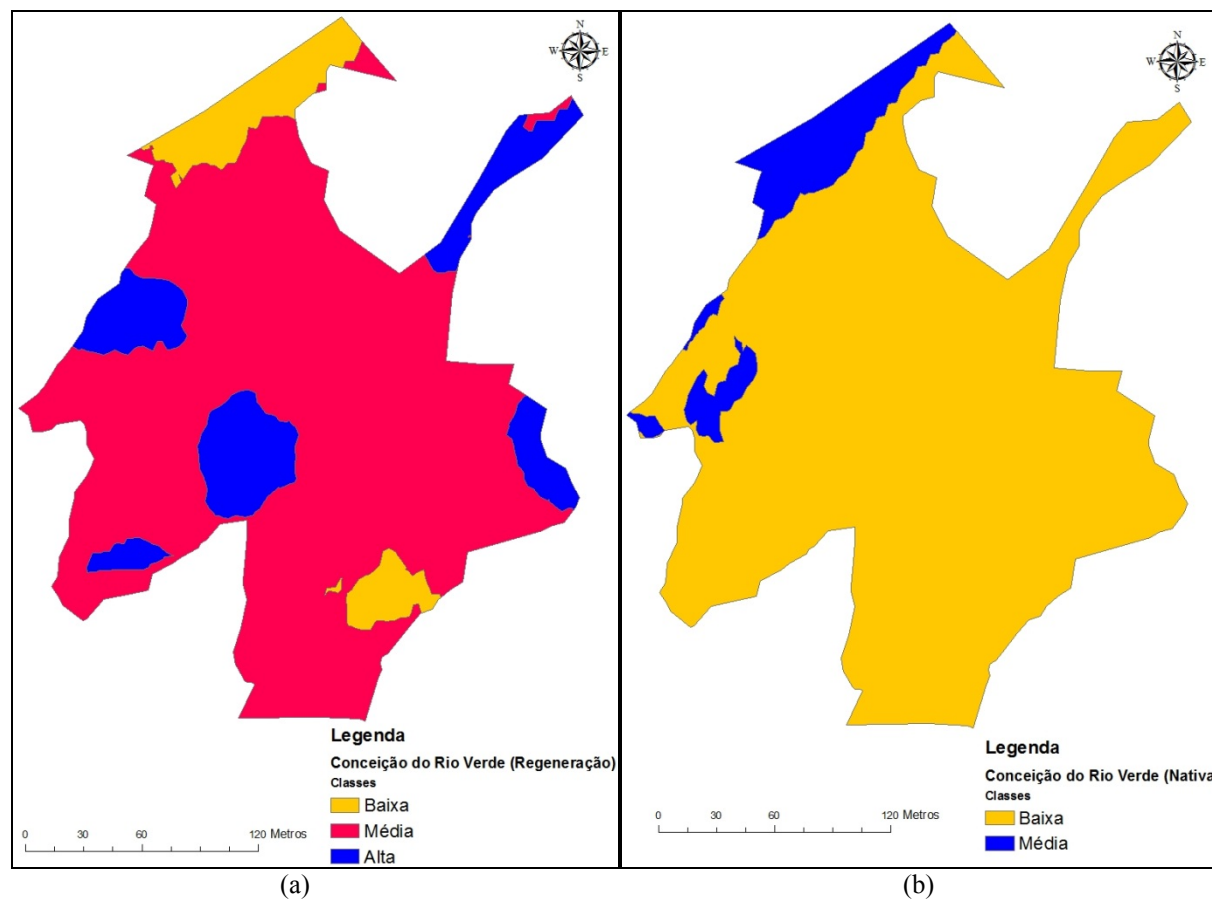


Figura 29 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 3

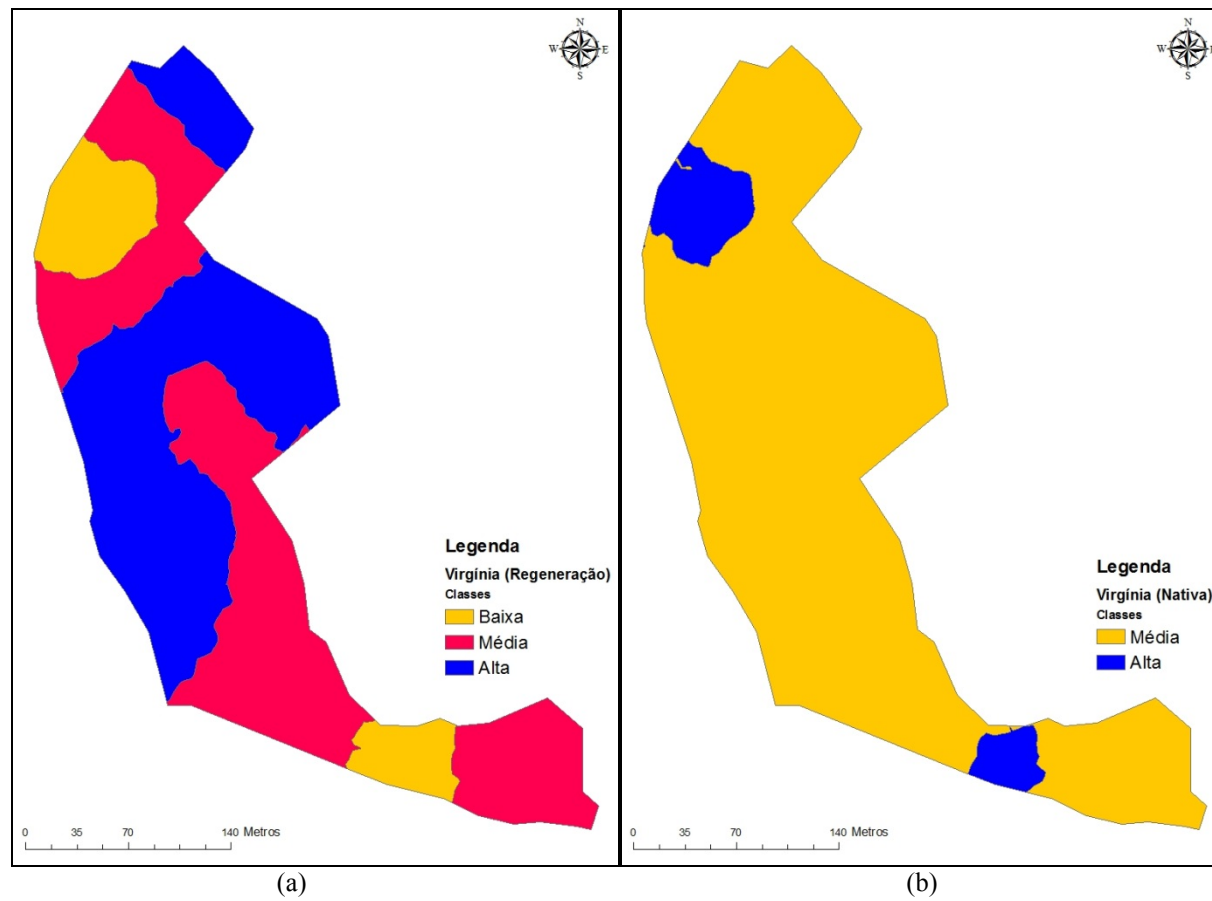


Figura 30 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 4

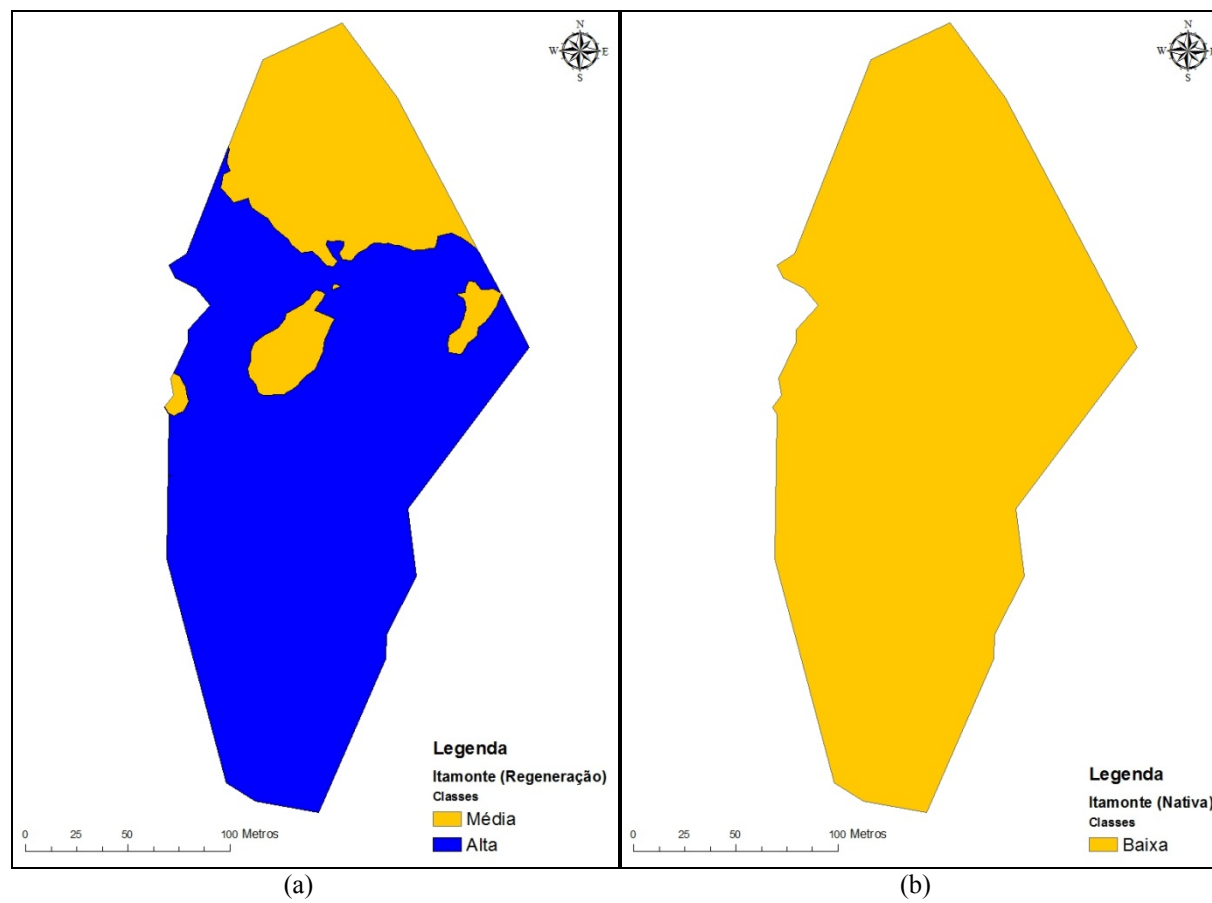


Figura 31 Mapas de krigagem da regeneração de candeia (a) e do estrato arbóreo de outras espécies nativas (b) no fragmento 5

4.4 Nível de competição da regeneração natural

A espacialização da regeneração natural realizada anteriormente leva em consideração todos os indivíduos regenerantes, estabelecidos, não estabelecidos e recrutados. Para caracterizar o sucesso da regeneração em uma área manejada, as regenerações recrutadas são desconsideradas. Assim, é importante analisar a distribuição espacial da regeneração natural, somente em termos de estoque (estabelecidas e não estabelecidas).

Procurou-se nesta análise relacionar o estoque presente com o estoque esperado em cada parcela, conforme Schweiger e Sterba (1997). Por meio desta razão foi possível analisar o nível de competição existente em cada parcela e, conseqüentemente, nos fragmentos.

A Figura 32 mostra a razão entre o índice de estoque encontrado nas parcelas pelo estoque considerado ideal para as mesmas. Pode-se perceber que parcelas com esta razão em torno de 1 encontram-se em condições ideais de competição, ou seja, o número de indivíduos estocados está próximo do desejado. Esse comportamento pode ser observado nas parcelas 2, 13 e 14 do fragmento 1, parcela 5 do fragmento 4 e parcela 3 do fragmento 5.

No fragmento 1, a maioria das parcelas se apresentaram com índice de competição abaixo de 0,5, o que pode ser explicado por ser um fragmento com pouco tempo de manejo e com intensa regeneração de indivíduos recrutados. Já o fragmento 3 foi o que apresentou todas as parcelas com baixos níveis de competição da regeneração, como já foi destacado que este se apresenta com intensidade insatisfatória da regeneração.

O fragmento 4 apresentou parcelas com índice oscilando, desde valores próximos de zero (parcela 9), até valores acima de 0,5 (parcelas 5, 11 e 12). Mesmo em se tratando de um fragmento com idade de manejo avançada (44 meses), o fato de o índice ser baixo em algumas parcelas pode estar relacionado

ao fato de que já foi feito o raleamento da regeneração nesse fragmento. Assim, pode-se inferir que em algumas regiões do fragmento, talvez, não fosse necessária essa intervenção. No entanto, este resultado pode estar associado à questão da predominância da candeia na parcela, pois como se observou na Tabela 7, a maioria destas possui predominância de candeia inferior a 70 %.

Os maiores valores foram obtidos no fragmento 5, que de acordo com a Figura 32, apresentaram três parcelas com índice de competição acima do ideal e as outras duas com valores próximo de um. Pode-se perceber que o raleamento da regeneração realizado nesta área pode ter contribuído, para que os índices ficassem próximo do ideal, exceto na parcela 4, que se encontra em estado de intensa competição.

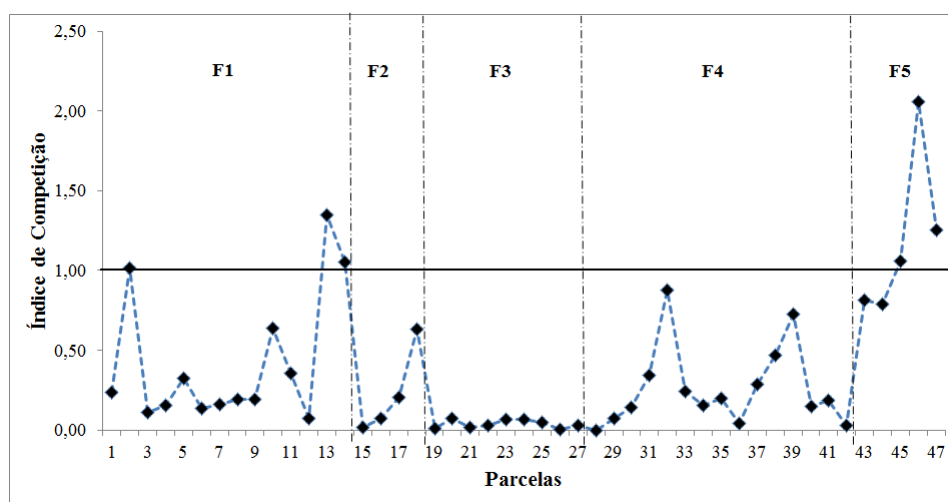


Figura 32 Índice de competição da regeneração natural em cada parcela dos fragmentos manejados

Uma maneira de analisar o nível de competição entre regenerantes no fragmento manejado como um todo é por meio da espacialização dessa variável. Assim, foram obtidos os mapas de krigagem em cada fragmento com o intuito de analisarem-se os níveis de competição existentes. As Figuras de 33 a 35 mostram as classes de competição em cada fragmento manejado.

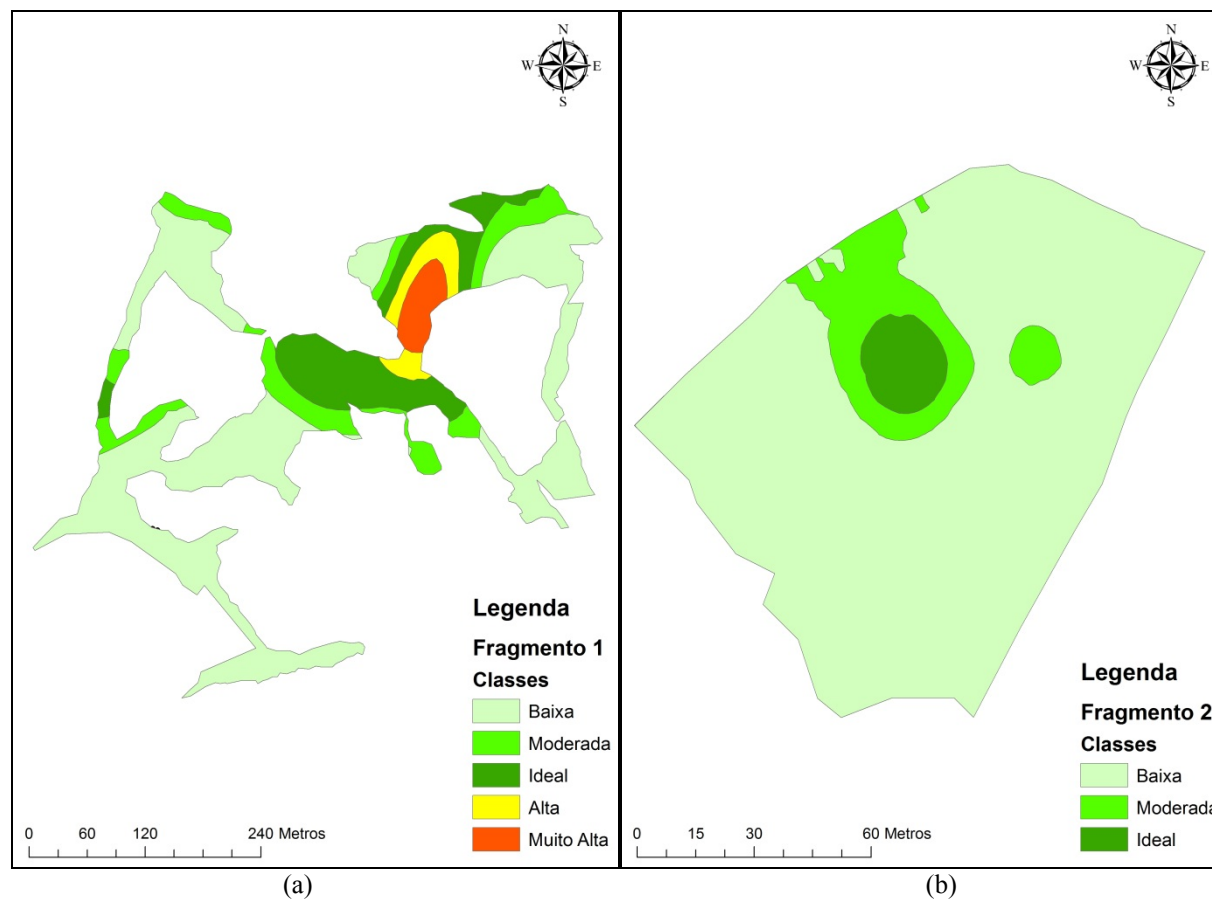


Figura 33 Nível de competição da regeneração natural da candeia nos fragmentos 1 (a) e 2 (b)

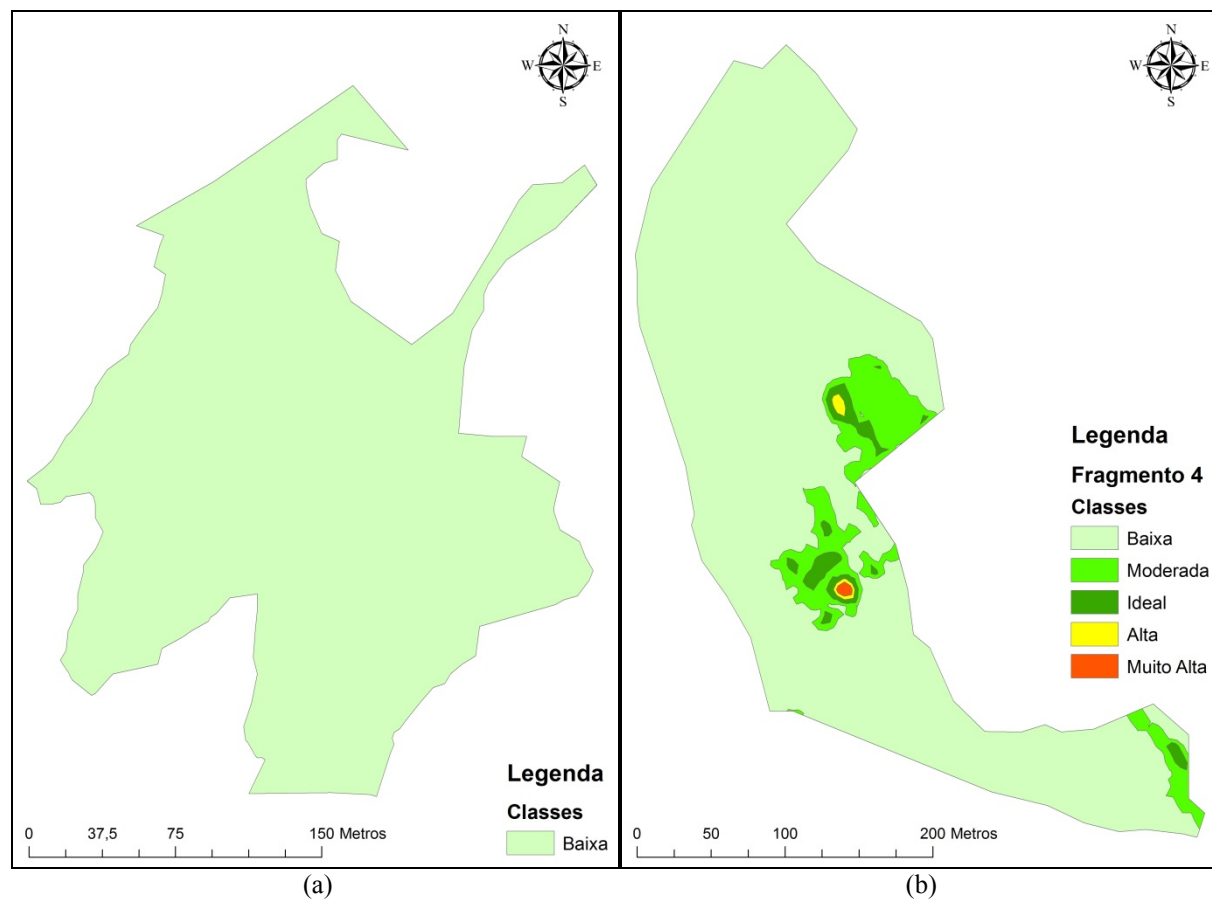


Figura 34 Nível de competição da regeneração natural da candeia nos fragmentos 3 (a) e 4 (b)

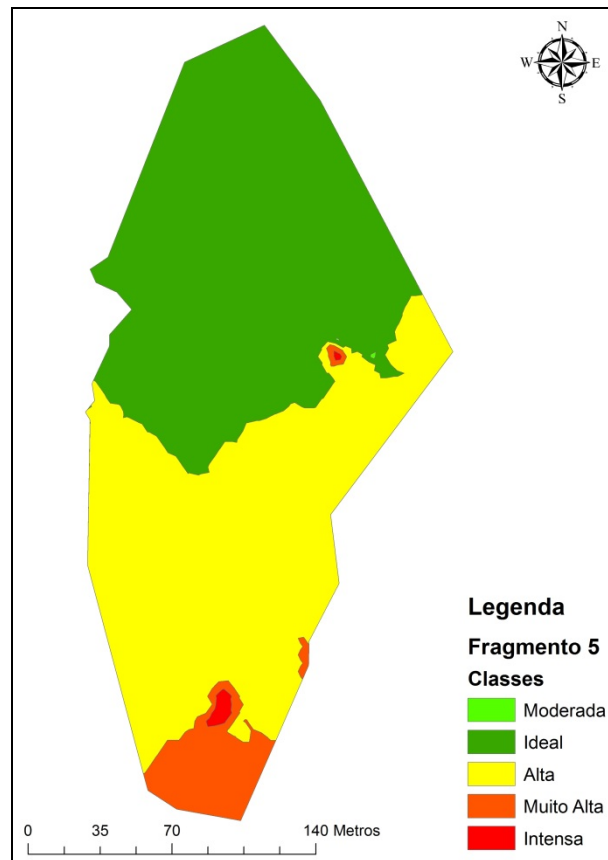


Figura 35 Nível de competição da regeneração natural da candeia no fragmento 5

Pode-se observar que no fragmento 1, a maior parte da área é ocupada por baixa competição e apresenta um gradiente em direção às regiões com nível de competição muito alto. Esse mesmo gradiente também foi observado nos fragmentos 2 e 4 com maior parte destas áreas com níveis de competição baixo.

Fatores que podem contribuir para esse gradiente são diferenças de fertilidade do solo, gerando regiões do fragmento com maior capacidade para o estabelecimento da regeneração natural. Trabalhos como os de Cuevas (2000) e Tercero-Bucardo, Kitzberger e Veblen (2007) destacam que a umidade do solo pode ser um fator determinante na instalação e sobrevivência de plântulas. No caso dos fragmentos 1, 2 e 4 as regiões de maior competição tendem a se encontrar mais próximas das áreas de mata nativa, que representam a reserva legal. Esse pode ser um indicativo de que o solo apresenta melhores condições de umidade e nutrientes, para o estabelecimento mais rápido da regeneração da candeia.

Já o fragmento 3 se apresentou com nível de competição baixo em toda a sua área. Esse resultado já era de se esperar, uma vez que no aspecto quantitativo total da regeneração, este foi insatisfatório.

Especificamente no fragmento 5, o índice de competição variou de moderado a intenso, seguindo um gradiente altitudinal, ao longo da área manejada e sem relação de proximidade com áreas de matas nativas. Assim, pode-se observar que este gradiente também é importante, na condução da regeneração natural da espécie. No entanto, como apenas o fragmento 5 apresentou essa característica de uma maneira mais destacada, é preciso que esta relação seja analisada em outras situações.

5 CONCLUSÕES

A regeneração da candeia ocorre em maior quantidade em regiões dos fragmentos, onde a radiação solar é mais intensa e livre de competição com samambaias e outras espécies nativas, formando agregados nas parcelas.

O fragmento 3 foi o que apresentou maior limitação quanto ao desenvolvimento da regeneração natural, pois 36 meses após o manejo, a regeneração é baixa, com predomínio de indivíduos recrutas.

Os fragmentos 2, 3 e 4 apresentaram as menores densidades de regenerantes nas parcelas em que não foram atendidas as prescrições mínimas de 70 % de predominância de candeia.

Os fragmentos 1 e 5 foram os que apresentaram melhores desenvolvimentos da regeneração, com maior intensidade e melhor distribuição espacial, indicando que o manejo é sustentável, quando são atendidas todas as premissas da portaria que regulamenta o mesmo.

A densidade e a frequência da regeneração de candeia são variáveis entre parcelas de um mesmo fragmento e apresentam elevada correlação negativa com a área basal de outras espécies nativas, sendo este um fator que afeta como a regeneração irá se estabelecer em quantidade e espacialmente em campo.

O estoque estabelecido da regeneração natural é fortemente influenciado pela altitude e pela predominância de candeia antes da realização do manejo.

Existe forte dependência espacial entre os indivíduos regenerantes de candeia nas áreas após serem submetidas ao manejo.

Especialmente, a regeneração natural da candeia tende a se estabelecer nas áreas onde o estrato arbóreo com candeia é predominante, fortalecendo a premissa de que há sustentabilidade do manejo, quando essa exploração se dá em área com mais de 70 % de candeia.

O nível de competição, nos fragmentos manejados, não segue uma tendência com a idade após o manejo, caracterizando que a resposta de cada área depende das condições do ambiente e dos cuidados tomados após a realização do manejo. Assim, é permitido inferir que o tempo de recuperação de algumas áreas pode ser muito longo, em relação a outras se os cuidados recomendados pela portaria 01 de 5 de janeiro de 2007 não forem atendidos (MINAS GERAIS, 2007).

O nível de competição entre regenerações estabelecidas segue um gradiente espacial dentro de cada fragmento manejado, permitindo inferir que algum outro fator, que não foi avaliado neste estudo, pode ser a causa de tal gradiente.

Diante disso, é extremamente importante dar continuidade aos estudos com a regeneração natural da espécie, em áreas submetidas ao manejo sustentável e compreender quais fatores podem explicar os resultados encontrados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. L. et al. Regeneração natural avançada de espécies arbóreas nativas no sub-bosque de povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith., na zona da mata sul de Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, abr./jun. 2011.

ANDRADE, I. S. **Avaliação técnica e econômica de sistemas de manejo de candeais nativos**. 2008. 141 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. A. M. C.. Análise do padrão de distribuição espacial da Araucária (*Araucária angustifolia*) em algumas áreas no estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 38-45, dez. 2004.

ANTOS, J. A.; PARISH, R. Structure and dynamics of a nearly steady-state subalpine forest in south-central British Columbia, Canada. **Oecologia**, Berlin, v. 130, 126–135, 2004.

ARAÚJO, L. C. ***Vanillosmopsis erythropappa* (DC.) Sch. Bip**: sua exploração florestal. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 58 p.

AUBRY, P.; DEBOUZIE, D. Estimation of the mean from a two-dimensional sample: the geostatistical model-based approach. **Ecology**, Washington, v. 82, n. 5, p. 1484-1494, May 2001.

BACE, R. et al. Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: which logs are suitable for seedling recruitment? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 266, p. 254–262, 2012.

BAHAMONDE, H. A. et al. Aspectos ecológicos de la regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* em Patagonia Sur, Argentina. **Bosque**, Valdivia, v. 32, n. 1, p. 20-29, 2011.

BARNARD, R. C. Linear regeneration sampling. **The Malayan Forest**, Kuala Lumpur, v. 13, n. 3, p. 129-142, Mar. 1950.

BARNET, J. P.; BAKER, J. B. Regeneration methods. In: DUREYA, L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.) **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer, 1991. p. 35-50.

BARREIRA, S. **Diversidade genética em população natural de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish como base para o manejo florestal**. 2005. 61p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

BIONDI, F.; MYERS, D. E; AVERY, C. C. Geostatistically modelling stem size and increment in an old growth forest. **Canadian Journal of Forest Research - Revue Canadienne de Reserche Forestiere**, Ottawa, v. 24, n. 7, p. 1354-1368, July 1994.

BLOCK, J.; TRETER, U. The limiting factors at the upper and lower forest limits in the mountain-woodland steppe of Northwest Mongolia Joachim Block and UweTreter. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TREE RINGS AND PEOPLE, 1., 2001, Davos. **Proceedings...** Davos: [s. n.], 2001. p. 22-26.

BONCINA, A.; DIACI, J.; CENCIC, L. Comparison of the two main types of selection forests in Slovenia: distribution, site conditions, stand structure, regeneration and management. **Forestry**, Oxford, v. 75, n. 4, p. 365-373, 2002.

BONE, R.; LAWRENCE, M.; MAGOMBO, Z. The effect of a *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) plantation on native woodland recovery on Ulumba Mountain, southern Malawi. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 83-99, 1997.

BOYER, W. D.; WHITE, J. B. Natural regeneration of longleaf pine. In: SYMPOSIUM ON THE MANAGEMENT OF LONGLEAF PINE, 1., 1989: Long Beach. **Proceedings...** Long Beach: USDA, 1989. p. 94-113. (General Technical Report. SO, n. 75).

BRAGA, E. A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia *Eremanthus erythropappus* (dc.) MacLeisch, em tubetes.** 2006. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRASSIOLO, M. M. **Avaliação da regeneração natural de *Pinus elliotti* Engelm. var. *elliottii* na floresta nacional de Capão Bonito, SP.** 1988. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

CAIN, M. D.; BARNETT, J. P. Three-year field comparison of natural loblolly pine regeneration with improved container stock. In: BIENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 6., 1990, Memphis. **Proceedings.** Asheville: USDA, 1991. v. 1, p. 38-46. (General Technical Report. SE, n. 70).

CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de arvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função k de Ripley.** 2004. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

CARNEVALE, N.; MONTAGNINI, F. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 163, p. 217-227, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640 p.

CARVALHO, L. G. et al. **Zoneamento ecológico econômico de Minas Gerais**: componentes geofísico e biótico. Lavras: UFLA, 2008. p. 89-101.

CHAMI, L. B. et al. Mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes de remanescente de Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 251-259, fev. 2011.

COELHO, D. J. S. **Modelo de gestão florestal sustentável para a Microrregião de Viçosa, Minas Gerais**. 1999. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. v.1, p. 431-433.

CUEVAS, J. G. Tree recruitment at the *Nothofagus pumilio* alpine timberline in Tierra del Fuego, Chile. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 88, n. 5, p. 840-855, 2000.

CULLEN, L. E. et al. Disturbance and climate warming influences on New Zealand *Nothofagus* tree-line population dynamics. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 89, p. 1061–1071, 2001.

CURI, N. et al. Solos, relevo, geologia e mineração. In: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T.; OLIVEIRA, A. D. **Zoneamento ecológico econômico de Minas Gerais: componentes geofísico e biótico**. Lavras: UFLA, 2008. p. 73-88.

DANG, H. et al. Age structure and regeneration of subalpine fir (*Abies fargesii*) forests across an altitudinal range in the Qinling Mountains, China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 547–554, 2010.

DAVIDE, A. C. et al. Estudos morfo-anatômicos, bioquímicos e fisiológicos durante a germinação de sementes de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeish. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 171-176, 2008.

DOBROWOLSKA, D. Effect of stand density on oak regeneration in flood plain forests in Lower Silesia, Poland. **Forestry**, Oxford, v. 81, n. 4, p. 511-523, 2008.

DUARTE, J. B. **Sobre o emprego e a análise estatística do delineamento em blocos aumentados no melhoramento genético vegetal**. 2000. 292 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands, 2001.300 p.

ESTOPA, R. A. et al. Diversidade genética em populações naturais de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 97-106, abr. 2006.

EVARISTO, V. T.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Atlantic Forest regeneration in abandoned plantations of eucalypt (*Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill and L. A. S. Johnson) in Rio de Janeiro, Brazil. **Interciencia**, Catanduva, v. 36, n. 6, p. 431-436, jun. 2011.

FELTON, A. et al. Vegetation structure, phenology, and regeneration in the natural and anthropogenic tree-fall gaps of a reduced impact logged subtropical Bolivian forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 235, p. 186-193, 2006.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. Lavras: UFLA, 2009. 664 p.

FERREIRA, M. J. et al. Avaliação da regeneração natural em nascentes perturbadas no município de lavras, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 109-129, abr./jun. 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **El desafío de la ordenación forestal sostenible**. Rome, 1994. 122 p.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo da candeia e a influência das diferentes origens comerciais da sua madeira (*Eremanthus* spp.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

GOLDBLUM, D.; RIGG, L. S. Age structure and regeneration dynamics of sugar maple at the deciduous/boreal forest ecotone, Ontario, Canada. **Progress in Physical Geography**, London, v. 23, p. 115-129, 2002.

GÓMEZ-POMPA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. N. Successional studies of a rain forest in Mexico, In: WEST, D. C.; SCHUGART, H. H.; BOTKIN, D. B. **Forest concepts and application**, New York, p. 247- 266, 1981.

GOMIDE, L. R. et al. Estrutura diamétrica e de altura de fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. In: SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. **Modelo fitogeográfico para áreas de preservação permanente: um estudo da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Lavras: UFLA, 2005. 422 p.

GOSLEE, S. C. Behavior of vegetation sampling methods in the presence of spatial autocorrelation. **Plant Ecology**, Dordrecht, n. 187, p. 203-212, 2006.

GUILHERME, F. A. A. G. Efeito da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e na regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília, DF. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 60-66, 2000.

HASENAUER, H.; KINDERMANN, G. Methods for assessing regeneration establishment and height growth in uneven-aged mixed species stands. **Forestry**, Oxford, v. 75, n. 4, p. 385-394, 2002.

HIGUCHI, P. et al. Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *miconia* spp. Ruiz & Pav. (melastomataceae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 381-389, 2011.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 560 p.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic, 1978. 600 p.

KANEGAE JÚNIOR, H. **Avaliação de sistemas de inventários sucessivos e dos interpoladores espaciais como instrumento de estratificação de povoamentos clonais de *Eucalyptus* sp.** 2004. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. **Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa**, Johannesburg v. 52, p. 119-139, 1951.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LEXEROD, N.; EID, T. Recruitment models for Norway Spruce, Scots Pine, Birch and Other Broadleaves in Young Growth Forests in Norway. **Silva Fennica**, Helsinki, v. 39, n. 3, p. 391–406, 2005.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. **Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 127-136, 2010.

MACHADO, S. A. et al. Efeitos da densidade inicial e do sítio sobre o desenvolvimento de bracatingais nativos. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 43, p. 19-46, jul./dez. 2001.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, Lancaster, v. 58, n. 8, p. 1246-1266, Dec. 1963.

MEHLTRETER, K.; WALKER, L. R.; SHARPE, J. M. **Fern ecology**. Cambridge: Cambridge University, 2010. 429 p.

MELLO, J. M. et al. Uso do estimador geoestatístico para predição volumétrica por talhão. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, maio/ago. 2006.

MIGUEL, S. M. **Variograms of real and simulated high resolution images for analysis of forest canopy structure**. 2000. 48 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – University College London, Londres, 2000.

MINAS GERAIS (Estado). Portaria nº 01, de 5 janeiro de 2007. Dispõe sobre normas para elaboração e execução do Plano de Manejo para Produção Sustentada da Candeia - *Eremanthus erythropappus* e *Eeremanthus incanus* no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Lex: Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais"**, de 6 jan. 2007, Belo Horizonte, MG.

MODNA, D.; DURIGAN, G. ; VITAL, M. V. C. *Pinus elliotti* Engelm como facilitadora da regeneração natural em mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.

MORI, C. L. S. O. et al. Influência da altitude, idade e diâmetro de árvores de candeia (*Eremanthus erythropappus*) sobre o rendimento e teor de alfa-bisabolol. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 339-345, jul./set. 2009.

MOURA, M. C. O. **Distribuição da variabilidade genética em populações naturais de *Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish por isoenzimas e RAPD**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.165 p.

ODA-SOUZA, M. et al. Comparação das estruturas de continuidade espacial em quatro formações florestais do estado de São Paulo. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 515-522, jul./set. 2010.

OLIVEIRA, A. D. et al. Cadeia de comercialização da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 257-264, jul./set. 2009.

OLIVEIRA, E. B.; SOUSA, L. P.; RADOMSKI, M. I. Regeneração natural em sub-bosque de *Corymbia citriodora* no noroeste do estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 377-386, abr./jun. 2011.

ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. L.; CASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 39-52, mar. 2010.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DAS MADEIRAS TROPICAIS.
Crítérios para a avaliação de manejo sustentado de floresta tropical.
Yokohama, 1992. 6 p. (Série Política de Desenvolvimento, 3).

PAES, A. T. Por dentro da estatística. **Einstein - Educação Continuada em Saúde**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 3-4, 2009.

PAGE, L. M.; CAMERON, A. D.; CLARKE, G. C. Influence of overstorey área on density and growth of advance regeneration of Sitka spruce in variably thinned stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 151, p. 107-118, 2001.

PALUDO, G. F. et al. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucariaangustifolia*(bertol.) kuntze (araucariaceae), na

reserva genética florestal de caçador, estado de Santa Catarina. **Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1109-1121, 2009.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 1107-1119, 2011.

PAUSAS, J.G.; RIBEIRO, E.; VALLEJO, R. Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 203, p. 251–259, July 2004.

PEDRALLI, G. Estrutura diamétrica, vertical e análise do crescimento da candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip.) na estação ecológica do Tripuí, Ouro Preto - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 301-306, 1997.

PEDRALLI, G.; TEIXEIRA, M. C. B.; NUNES, Y. R. Estudos sincológicos sobre a candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip) na estação ecológica de Tripuí, Ouro Preto (MG, Brasil). **Forest**, Oxford, p.117-118, abr./jun.1996.

PENUELAS, J. et al. Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain). **Ecography**, Copenhagen, v. 30, p. 829–837, 2007.

PEREIRA, A. A. S.; PÉLLICO NETTO, S.; CARVALHO, L. M. T. Análise da distribuição espacial de Jequitibá rosa em uma Floresta Estacional Sub-montana. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 21-34, abr./jun. 2006.

PEREIRA, A. A. S. **Nutrição e adubação de candeia**. 1998. 22 p. Monografia (-Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

PÉREZ, J. F. M. et al. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (dc.) macleish – a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 257-273, jul./dez. 2004.

PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PERI, P. L.; MONELOS, L. H.; BAHAMONDE, H. A. Evaluación de la continuidad del estrato arbóreo en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril conganado ovino em Patagonia Sur, Argentina. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE GROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN PECUARIASOSTENIBLE, 4., 2006, Varadero. **Anais...** Varadero: [s. n.], 2006. p. 87-92.

PIMENTEL-GOMES, F. **Estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 2009. 451p.

PINTO, J. R. R. **Dinâmica da comunidade arbóreo-arbustiva em uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso**. 2002. 187 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

POWERS, S.; HAGGAR, J. P.; FISHER, R. F. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness in seven year old plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 43-54, 1997.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J. **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo**. 1995. 99 p. Dissertação (Mestrado em

Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1995.

RODRIGUEZ, P. C. **Curso de análise geoestatística**. Belo Horizonte, 2004. 95 p.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; BARROS, L. C. Tropical Rain Forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 190, p. 323–333, 2004.

ROONEY, A. T. P.; SOLHEIMB, S. L.; WALLER, D. M. Factors affecting the regeneration of northern white cedar in lowland forests of the Upper Great Lakes region, USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 163, p. 119–130, 2002.

SANTOS, R. C. et al. Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 241-250, jul./set. 2008.

SCHORN, L. A.; GALVÃO, F. Dinâmica da regeneração natural em três estágios sucessionais de uma floresta ombrófila densa em Blumenau, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, jan./abr. 2006.

SCHWEIGER, J.; STERBA, H. A model describing natural regeneration recruitment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Austria. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 97, p. 107-118, 1997.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 87-102, jan./jun. 2004.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **O manejo da candeia nativa**. Lavras : UFLA, 2008. 44 p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus*. **Relatório Técnico Científico**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2002. 350 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 110 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 561 p.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. Manejo sustentado das candeias *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish e *Eremanthus incanus* (Less.) Less. In: Brandão, M. G. L. (Org.). **Plantas medicinais & fitoterapia**. Belo Horizonte: UFMG, 2003. v. 1, p. 13-22.

SILVA, C. P. C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. 131p.

SILVA, D. E. et al. Does natural regeneration determine the limit of European beech distribution under climatic stress? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 266, p. 263–272, 2012.

SILVA, E. F. **Caracterização edáfica e fitossociológica em áreas de ocorrência natural de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip.)**. 2001. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2001.

SILVA JÚNIOR, W. M. et al. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 169-179, dez. 2004.

SILVA, M. A. et al. Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo porta-sementes. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 311-316, out./dez. 2008.

SIQUEIRA, D. **Caracterização química da casca e madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*)**. 2002. 21 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SOUZA, A. L. et al. Caracterização fitossociológica em áreas de ocorrência natural de candeia (*Eremanthus erythropappus* (d.c.) Macleish). **Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 667-677, 2007.

SOUZA, G. S. et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p.73-81, jan./fev. 2010.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma floresta atlântica montana. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 251-261, 1999.

TEJERA, L.; HANSEN, N.; FERTIG, M. Efecto de la cobertura arbórea y del pastoreo vacuno sobre el establecimiento de la regeneración de *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. In: CONGRESOFORESTAL ARGENTINO Y LATINOAMERICANO, 3., 2005, Corrientes. **Anais...** Corrientes: [s. n.], 2005. 1 CD ROM.

TERCERO-BUCARDO, N. T.; KITZBERGER, T. T.; VEBLEN, E. R. A field experiment on climatic and herbivore impacts on post-fire tree regeneration in north-eastern Patagonia, **Journal of Ecology**, Oxford, v. 95, p. 771-779, 2007.

TONETTI, O. A. O. **Melhoria da qualidade física e estudo da germinação de sementes de candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less. e *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac Leish)**. 2004. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

UNASYLVA. La sostenibilidad. **Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Florestales**, FAO, v. 43, n. 169, p. 3-8, 1992.

VALENTE, T. P.; NEGRELLE, R. R. B.; SANQUETTA, C. R. Regeneração de *Araucaria angustifolia* em três fitofisionomias de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Iheringia Série Botânica**, Porto Alegre, v. 65, n. 1, p. 17-24, jun. 2010.

VAN DEN BERG, E. **Variáveis ambientais e a dinâmica estrutural e populacional de uma floresta da galeria em Itutinga, MG**. 2001. 115 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, maio/ago. 2005.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2011.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552, jul./set. 2010.

VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R. Impacto da remoção de plântulas sobre a estrutura da comunidade regenerante de Floresta Estacional Semidecidual. **Acta Botanica Brasileira**, Feira de Santana, v. 22, n. 4, p. 1015-1026, 2008.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p.1-54.

WAGNER, A. S. et al. Beech regeneration research: from ecological to silvicultural aspects. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 2172–2182, 2010.

WANGDA, P.; OHSAWA, M. Structure and regeneration dynamics of dominant tree species along altitudinal gradient in a dry valley slopes of the Bhutan Himalaya. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 230, p. 136–150, 2006.

WENGER, K. F.; TROUSDELL, K. B. Natural regeneration of loblolly pine in South Atlantic Coastal Plain. Production Research Report. USDA. **Forest Service**, Washington, n.13, p.1-78, 1958.

YAMAMOTO, J. K. **Avaliação e classificação de reservas minerais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001. 226 p.

ZIMBACK, C. R. L. **Geoestatística**. Botucatu: UNESP, 2003. 25 p.

APÊNDICE A – Caracterização qualitativa das parcelas

a) Fragmento 1 (Baependi)

Parcela 1: Parcela em condições de solo limpo, sem indivíduos arbóreos de outras espécies e sem samambaias. Apresenta um pouco de regeneração de espécies diferentes da candeia, sendo essa mais intensa nos quadrantes 3 e 4, nas subparcelas 6 e 8 respectivamente. Ao redor da parcela possui muitas árvores porta sementes e a mesma está localizada adjacente a área de preservação permanente. A regeneração da candeia é maior nos quadrantes 1 e 2.

Parcela 2: Parcela com o quadrante 2, sob intensa regeneração de outras espécies nativas, principalmente na subparcela 2 do quadrante 1. Os quadrantes 3 e 4 são mais limpos e possuem maior ocorrência da regeneração natural da candeia.

Parcela 3: Parcela em boas condições de limpeza, no que se refere à presença de estrato arbóreo e em região de elevada pedregosidade. Possui poucos indivíduos regenerantes de outras espécies florestais e com pouca regeneração natural da candeia. Também possui capim cobrindo o solo.

Parcela 4: Parcela com regeneração intensa de uma determinada espécie nativa, principalmente, nos quadrantes 2 e 3. Não possui a presença de samambaias e os quadrantes 1 e 4 são cobertos por capim.

Parcela 5: Parcela com elevada presença de resíduos da exploração no quadrante 3, onde a regeneração da candeia ocorre de forma menos intensa.

Parcela 6: Toda parcela sem competição com estrato arbóreo e coberta por mato nativo.

Parcela 7: Parcela em condições de limpeza, sem competição e com solo bastante pedregoso.

Parcela 8: Presença de alguns regenerantes de outras espécies nativas nos quadrantes 1 e 3.

Parcela 9: Parcela localizada em altitude mais elevada, em relação às demais, coberta por regenerações de outras espécies nativas nos quadrantes 1, 2 e 3 e por capim no quadrante 4.

Parcela 10: Parcela com intensa regeneração estabelecida de outras espécies nativas. Indivíduos com altura elevada e diâmetro a 1,30 m do solo inferior a 5 cm. Possui intensa regeneração estabelecida e não estabelecida de indivíduos de candeia.

Parcela 11: Localizada em região sem ocorrência de outras espécies nativas arbóreas e com solo descoberto nos quadrantes 1 e 2, onde ocorre elevada regeneração da candeia. Nos quadrantes 3 e 4, onde o capim nativo cobre o solo, a regeneração da candeia ocorre em menor intensidade.

Parcela 12: Parcela em altitude mais elevada, em relação às demais e coberta com capim nativo. A regeneração da candeia é baixa.

Parcela 13: Parcela com intensa regeneração de indivíduos de outras espécies nativas e com elevada regeneração não estabelecida da candeia. Solo coberto com muita galhada remanescente da exploração.

Parcela 14: Parcela em área com capim alto e elevada regeneração de outras espécies nativas nos quadrantes 1 e 2. De maneira geral é coberta por resíduos de galhos provenientes da exploração. A regeneração da candeia é intensa, sendo predominada por indivíduos não estabelecidos.

b) Fragmento 2 (Pedralva)

Parcela 1: Parcela com intensa presença de indivíduos arbóreos de outras espécies nativas e, recobrando a copa da porta semente central. Não possui samambaias cobrindo o solo e ocorre pouca regeneração natural da candeia.

Parcela 2: Não apresenta samambaias cobrindo o solo, no entanto, é ocupada de forma intensa por indivíduos arbóreos de outras espécies nativas que cobrem o dossel da parcela. A intensidade da regeneração natural da candeia é muito baixa.

Parcela 3: Parcela com o dossel parcialmente coberto por árvores de outras espécies nativas nos quadrantes 1 e 4. Os demais quadrantes são cobertos por indivíduos de outras espécies nativas com diâmetro a 1,30 m do solo inferior a 5 cm.

Parcela 4: Parte da parcela livre de competição, onde ocorre maior regeneração da candeia, e parte da parcela em área coberta por outras espécies nativas de porte arbóreo, onde a regeneração da candeia é menos intensa.

c) Fragmento 3 (Conceição do Rio Verde)

Parcela 1: Parcela com muita serapilheira, cobrindo o solo e muitos indivíduos da família melastomatácea. Além disso, a regeneração natural da candeia é baixa.

Parcela 2: Parcela com muita serapilheira, cobrindo o solo e sob presença de indivíduos da família melastomatácea.

Parcela 3: Presença de alguns arbustos nos quadrantes 3 e 4.

Parcela 4: Elevada presença de indivíduos da família melastomatácea em toda área da parcela.

Parcela 5: Os quadrantes 2 e 3 são limpos e possuem maior regeneração natural da candeia, enquanto que os quadrantes 1 e 4 são ocupados por indivíduos arbóreos de outras espécies.

Parcela 6: Presença de outras espécies nativas, tanto em fase de regeneração quanto adultas, em todos os quadrantes.

Parcela 7: Sem estrato arbóreo de outras espécies nativas e capim cobrindo o solo.

Parcela 8: Área coberta por serapilheira e com muita regeneração de outras espécies nativas, além da presença de alguns indivíduos arbóreos.

Parcela 9: Área coberta por serapilheira e elevada regeneração de outras espécies nativas.

d) Fragmento 4 (Virgínia)

Parcela 1: Intensa presença de indivíduos arbóreos de outras espécies e solo com muita serapilheira. Além disso, a maioria das árvores porta sementes presentes está morta.

Parcela 2: Muitos indivíduos de outras espécies nativas, em regeneração e no estrato arbóreo, além de intensa presença de samambaias.

Parcela 3: Intensa regeneração de outras espécies nativas e regeneração natural da candeia concentrada nos quadrantes 3 e 4.

Parcela 4: Presença de samambaias no quadrante 3 e regeneração de outras espécies nativas no quadrante 2.

Parcela 5: Limita a área manejada da reserva legal, que é abrangida pelos quadrantes 1 e 4 e contempla pouca regeneração natural da candeia. Nos quadrantes 2 e 3, onde a área é mais limpa, ocorre intensa regeneração da candeia.

Parcela 6: Elevada presença de samambaias nos quadrantes 1 e 2. No quadrante 4 existe a presença de alguns indivíduos arbóreos de outras espécies nativas. No quadrante 3 a regeneração natural da candeia é mais intensa.

Parcela 7: Parcela com poucos indivíduos de outras espécies e com pouca samambaia.

Parcela 8: Presença de algumas samambaias no quadrante 2, onde a regeneração da candeia é menos intensa, e poucas árvores de outras espécies.

Parcela 9: Intensa cobertura de samambaias dentro da parcela e regeneração natural da candeia insatisfatória.

Parcela 10: Área de transição entre campo e mata nativa. Os quadrantes 2 e 3, onde ocorrem árvores de outras espécies e intensa ocupação por samambaias, a regeneração natural da candeia é ausente. Já nos quadrantes 1 e 4, onde isso não ocorre, a regeneração da candeia é satisfatória.

Parcela 11: Presença de indivíduos arbóreos de outras espécies e de samambaias no quadrante 2, onde a regeneração natural da candeia é baixa.

Parcela 12: Intensa ocupação de samambaias nas subparcelas de 5 a 10, onde a regeneração natural da candeia é praticamente inexistente. Já nas subparcelas de 1 a 4 e de 11 a 12, a regeneração das candeias são intensas, pois estas estão livres de competição.

Parcela 13: Não apresenta samambaias, no entanto, é ocupada por mato nativo e outras espécies regenerando, fazendo com que a regeneração natural da candeia seja baixa.

Parcela 14: Muitos indivíduos arbóreos de outras espécies e muita samambaia cobrindo o solo. A regeneração natural da candeia é baixa.

Parcela 15: Não possui estrato arbóreo de outras espécies nativas, no entanto, é totalmente coberta por samambaias com altura elevada. A regeneração natural da candeia ocorre com apenas 9 indivíduos.

e) Itamonte

Parcela 1: Intensa regeneração estabelecida, mesmo sob presença de samambaias nos quadrantes 1 e 4 e forte ocupação de regeneração de outras espécies nativas no quadrante 2.

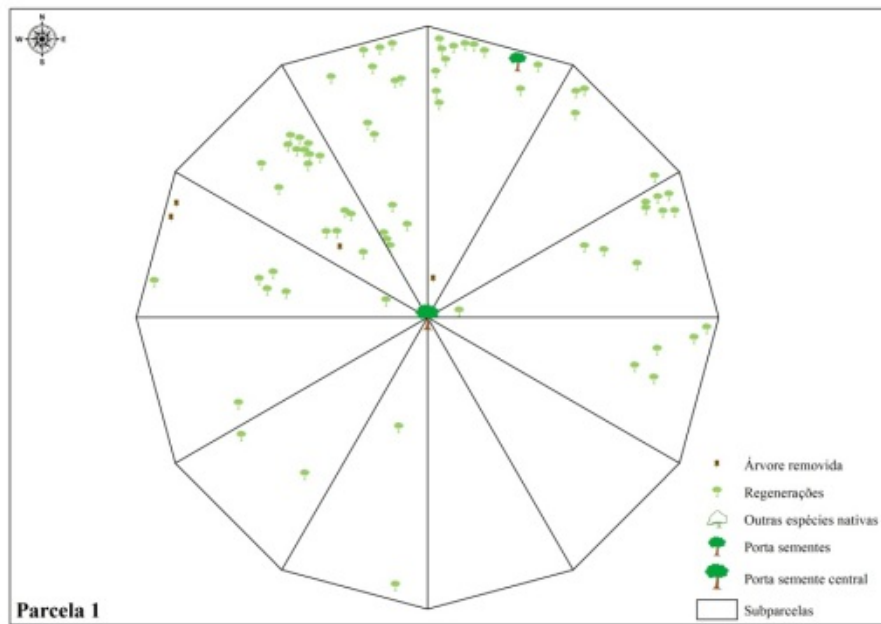
Parcela 2: Muitas samambaias concentradas em alguns locais específicos da parcela, formando agregados, além de vários indivíduos da família melastomatácea e alta regeneração de outras espécies nativas. No entanto, ocorre intensa regeneração natural da candeia.

Parcela 3: Não possui samambaias e o solo é coberto por muitos galhos, além de possuir alguns indivíduos arbóreos de outras espécies. A regeneração natural da candeia é muito intensa e com muitos indivíduos já estabelecidos.

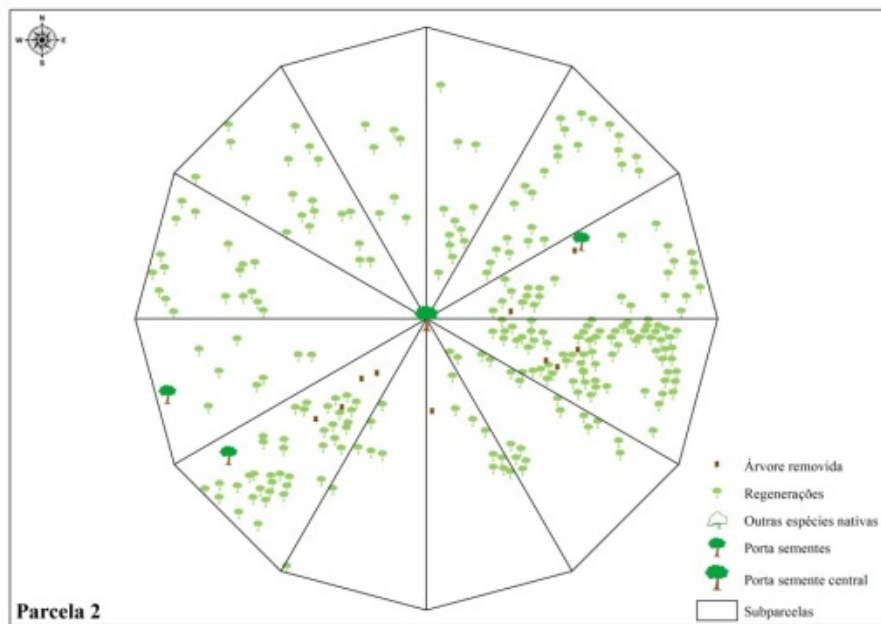
Parcela 4: Apresenta muitas regenerações estabelecidas de candeia. O solo é mais limpo, em relação às demais parcelas do mesmo fragmento e não têm samambaias presentes. Apresenta um pouco de galhada originada do raleamento executado.

Parcela 5: Presença de indivíduos de outras espécies nativas no estrato arbóreo, principalmente, no quadrante 4, capim e muita galhada originada do raleamento. Possui intensa regeneração estabelecida da candeia.

Apêndice B – Croqui das parcelas

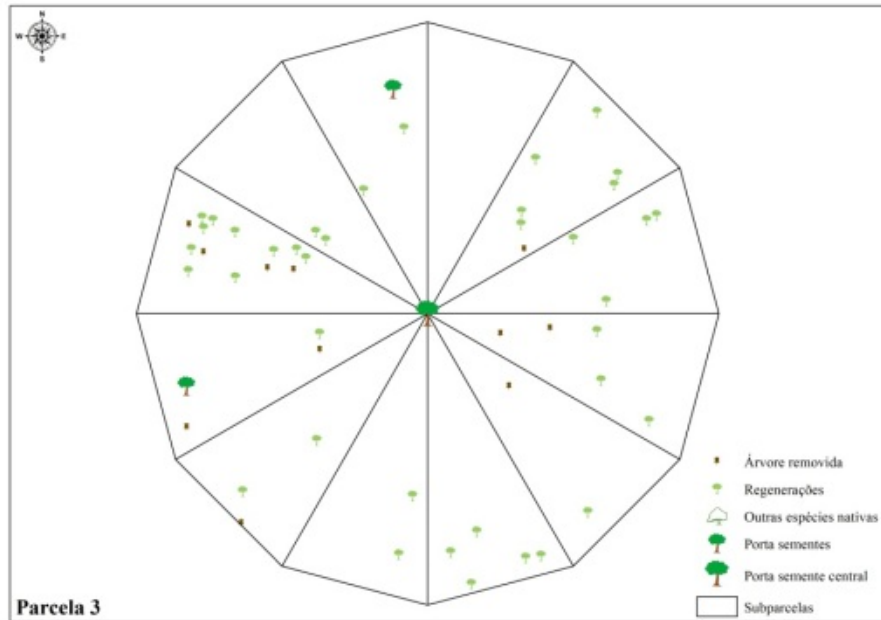


(a)

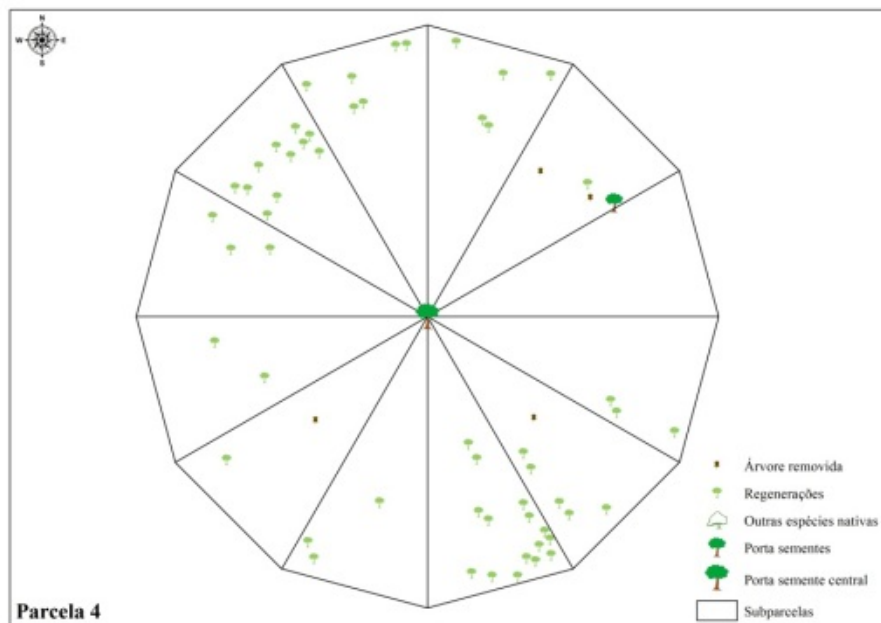


(b)“...Continua...”

“...Continua...”

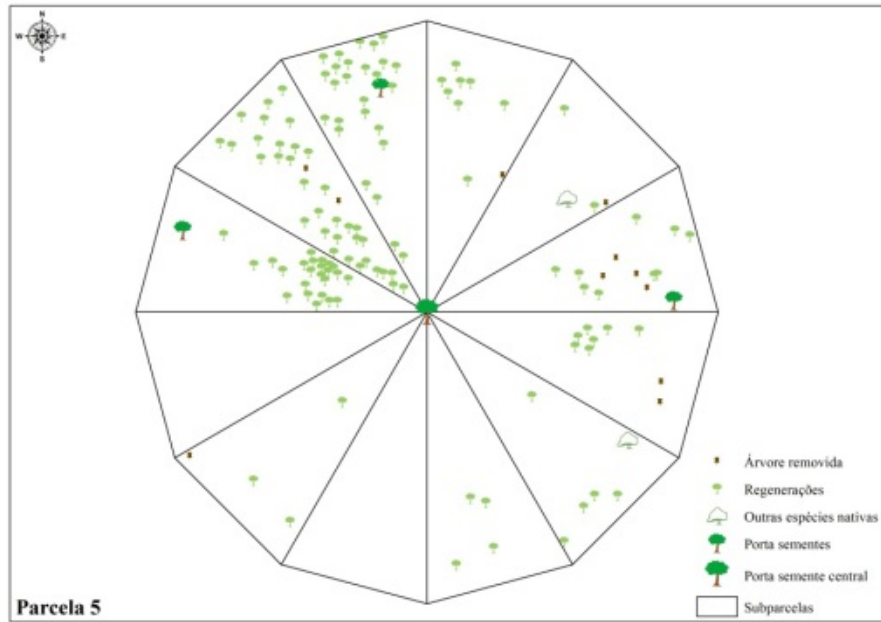


(c)

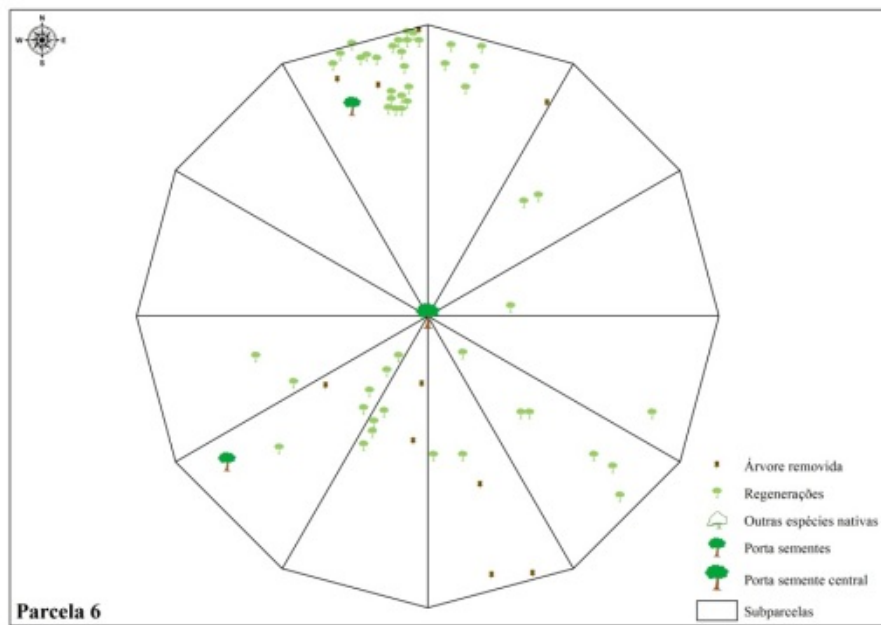


(d)“...Continua...”

“...Continua...”

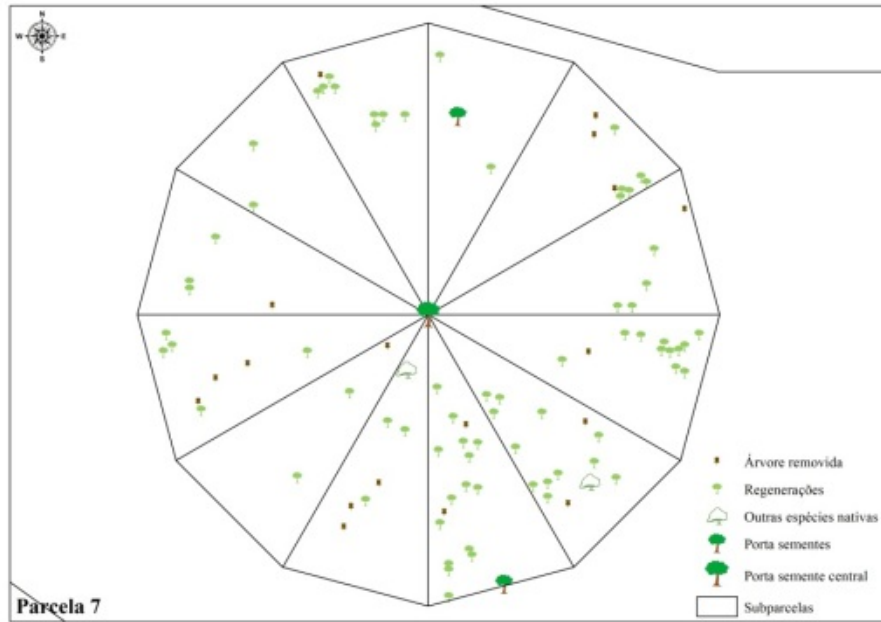


(e)

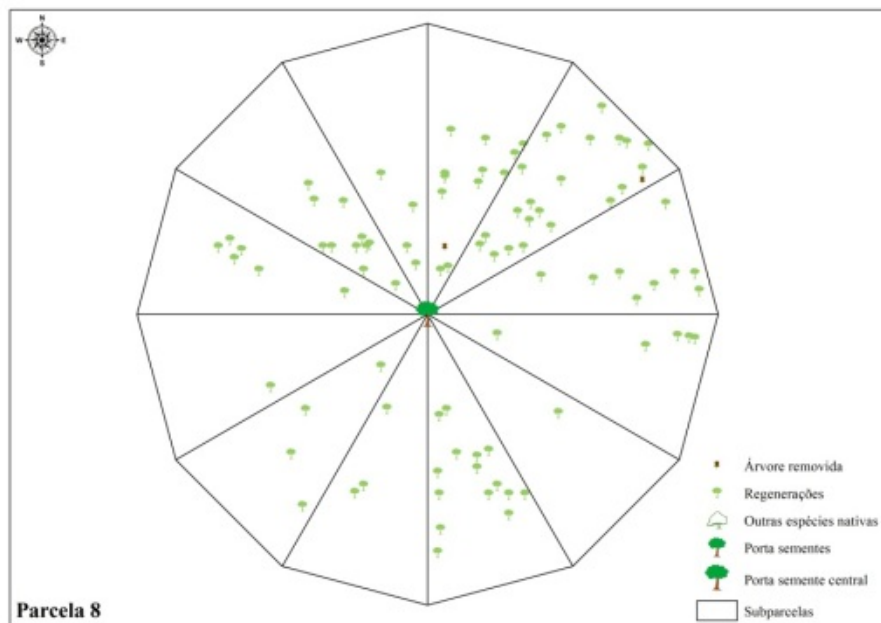


(f)“...Continua...”

“...Continua...”

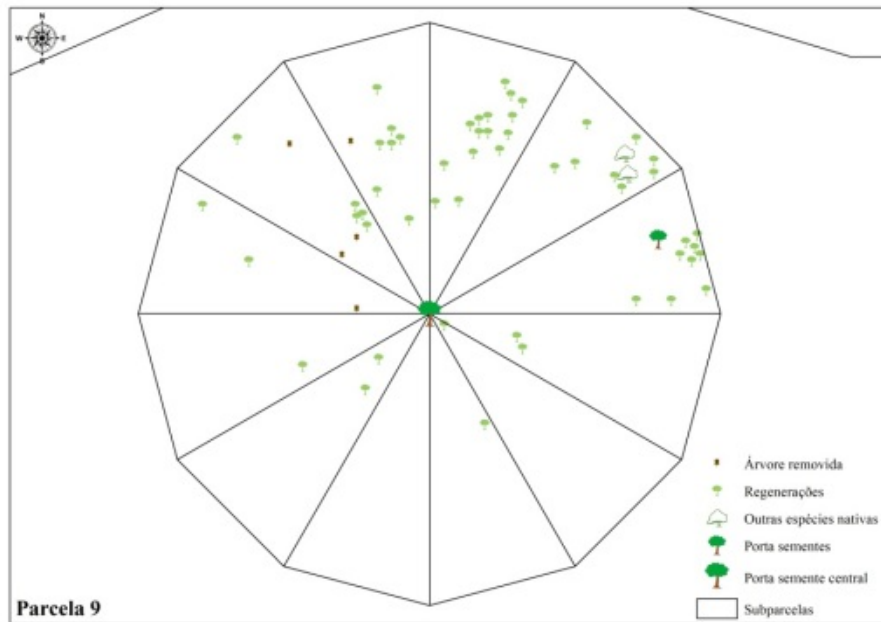


(g)

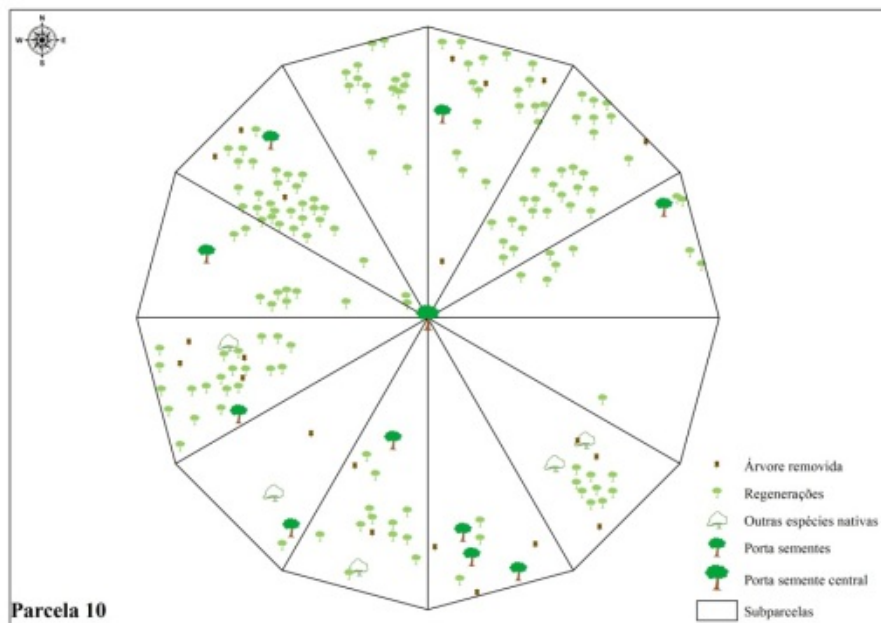


(h)“...Continua...”

“...Continua...”

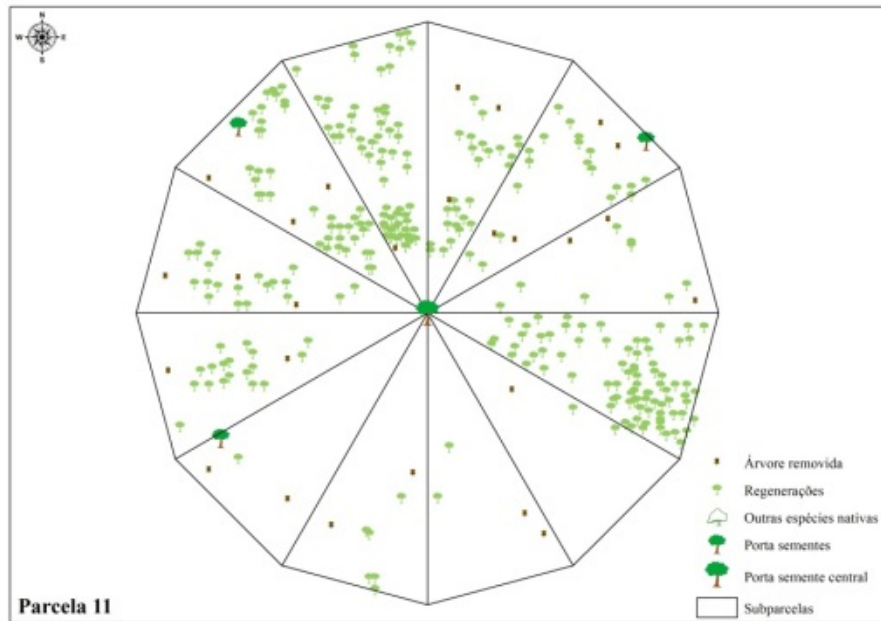


(i)

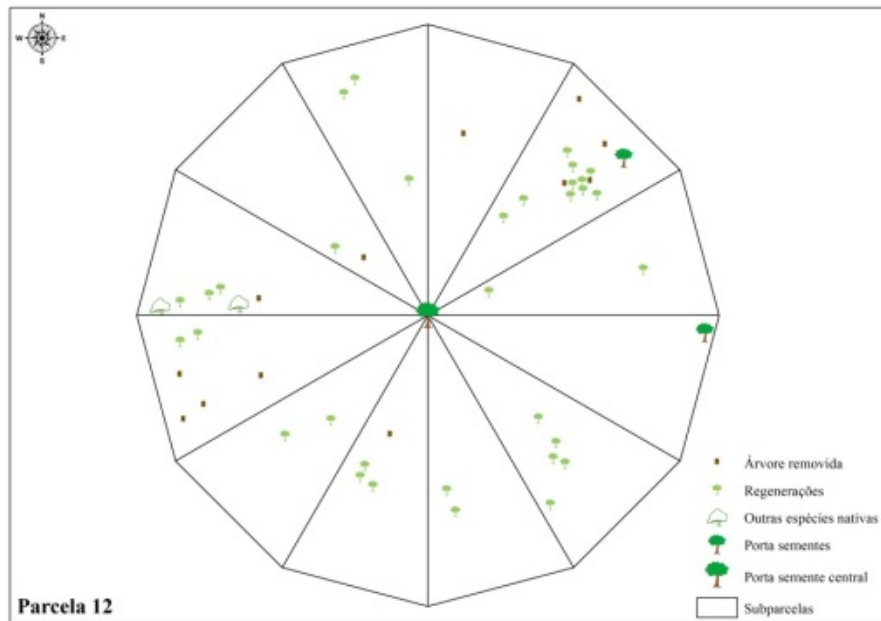


(j)“...Continua...”

“...Continua...”

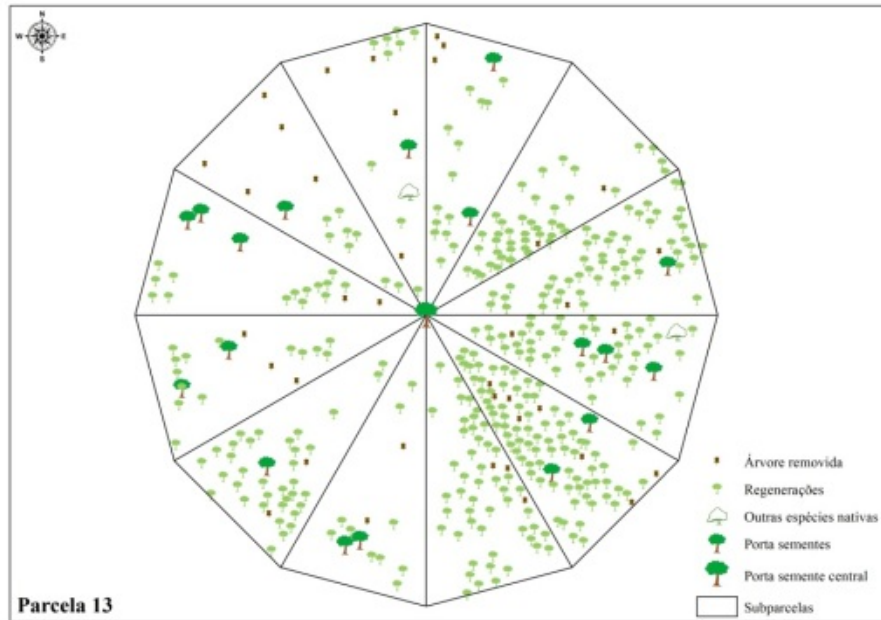


(k)

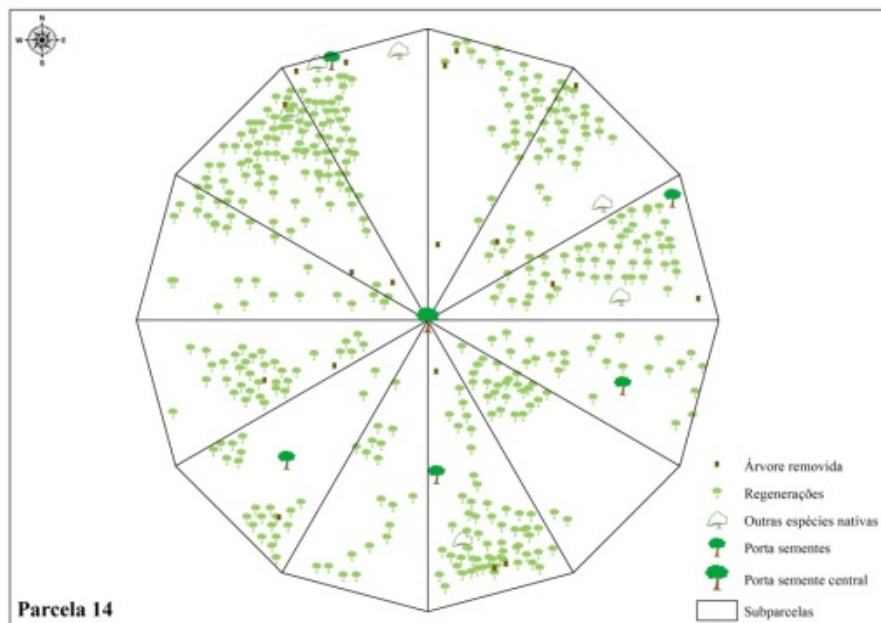


(l)“...Continua...”

“...Continua...”

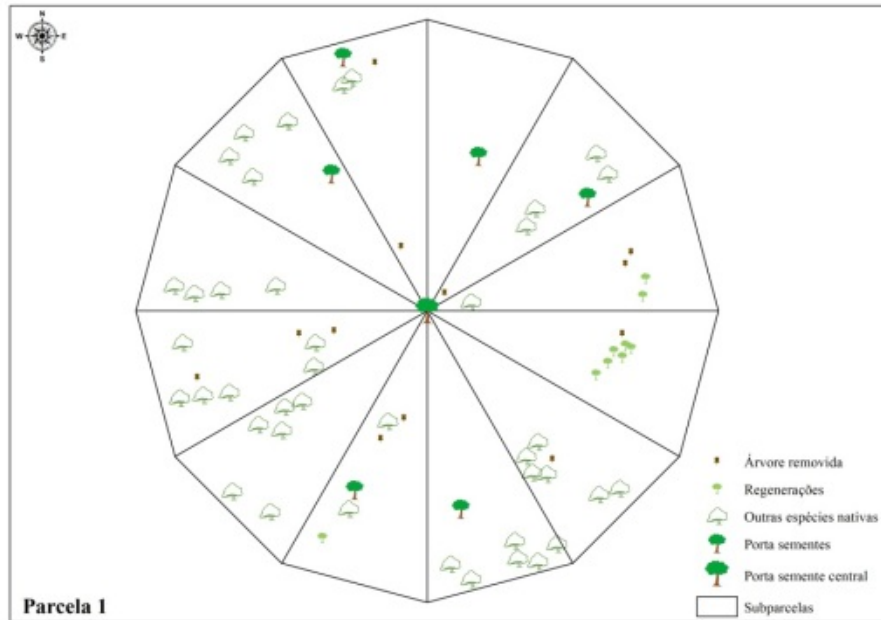


(m)

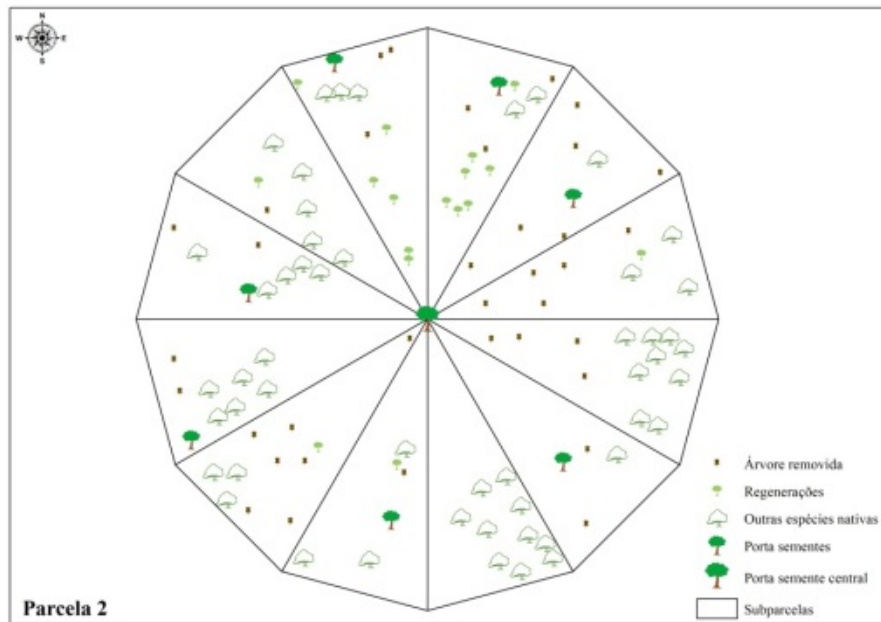


(n)“...Continua...”

Figura 36 Distribuição espacial das variáveis mensuradas nas parcelas do fragmento 1

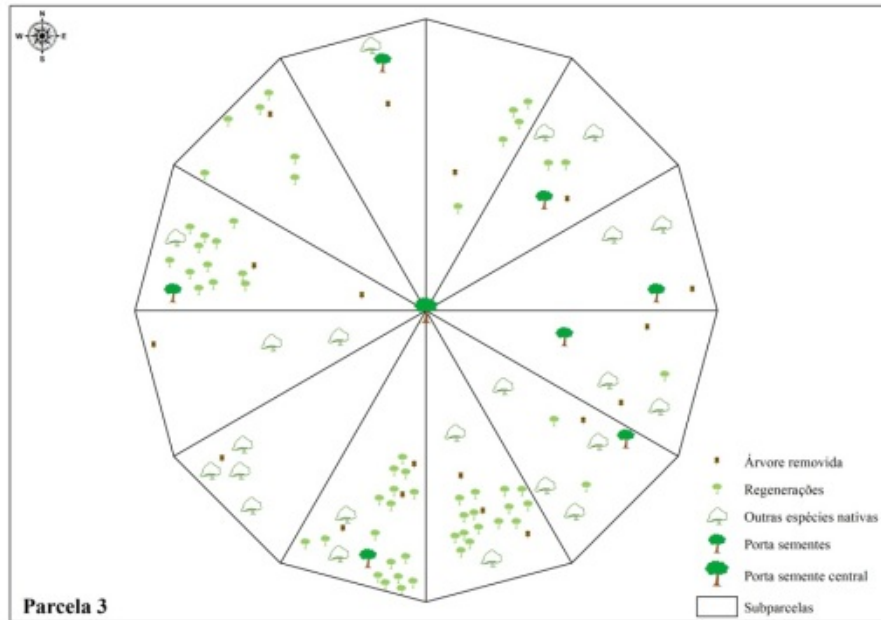


(a)

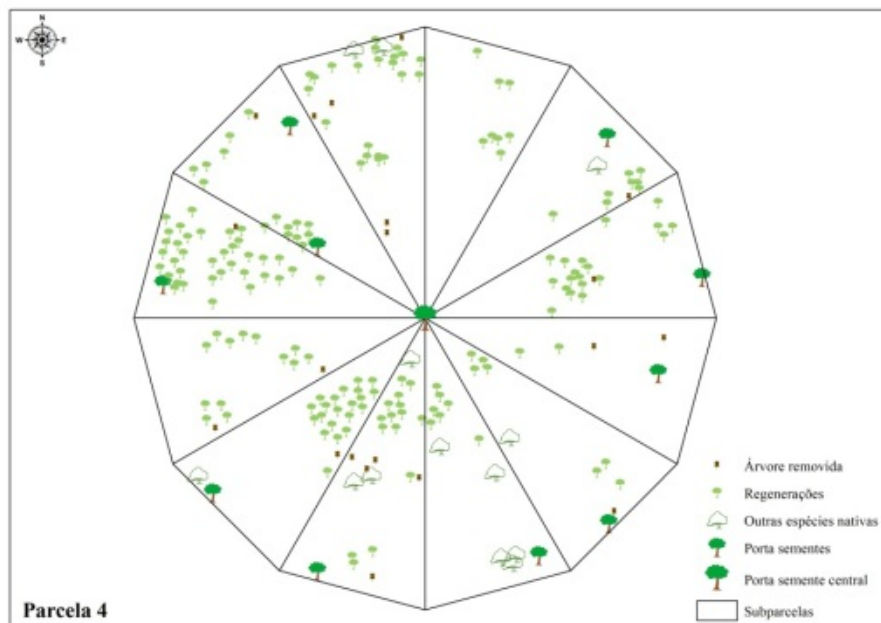


(b)“...Continua...”

“...Continua...”

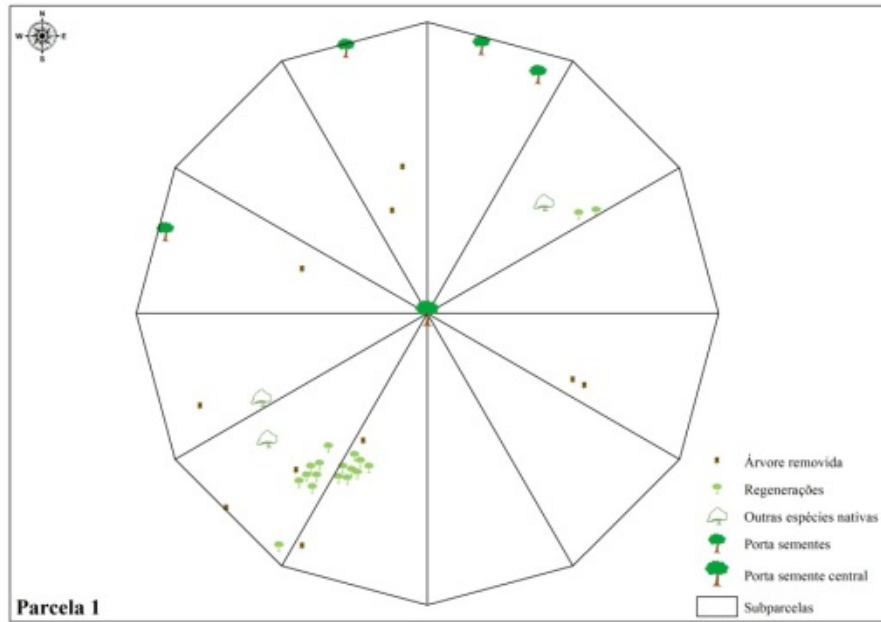


(c)

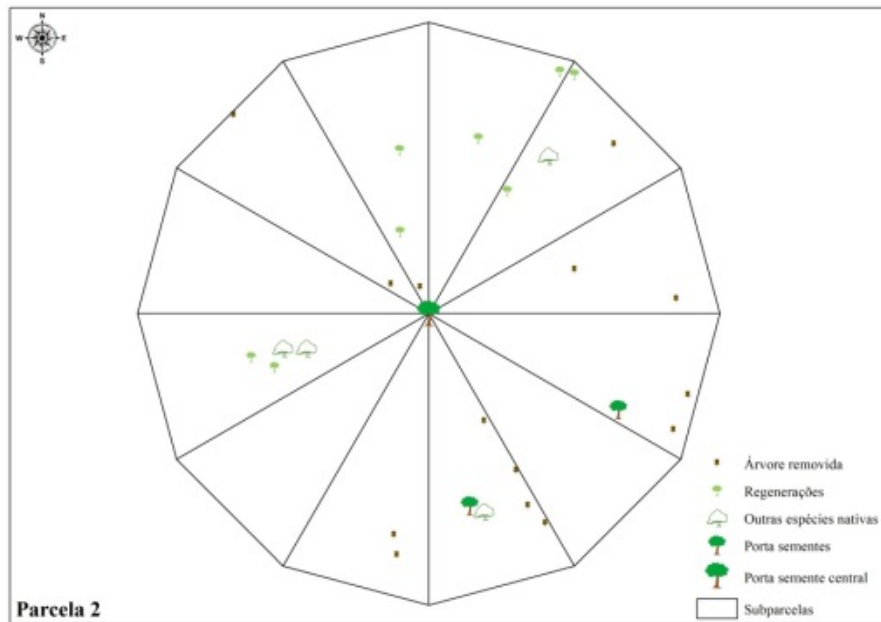


(d)

Figura 37 Distribuição espacial das variáveis mensuradas nas parcelas do fragmento 2

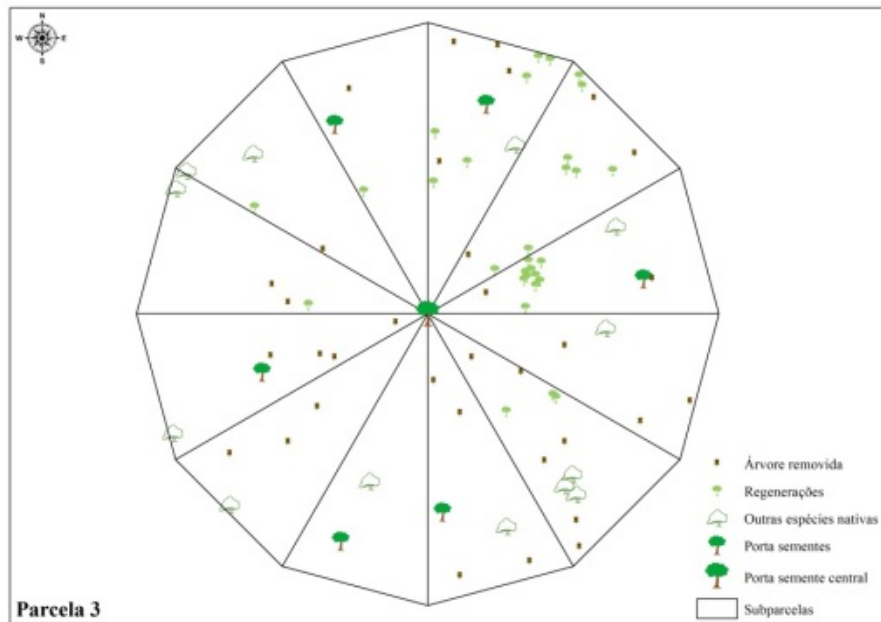


(a)

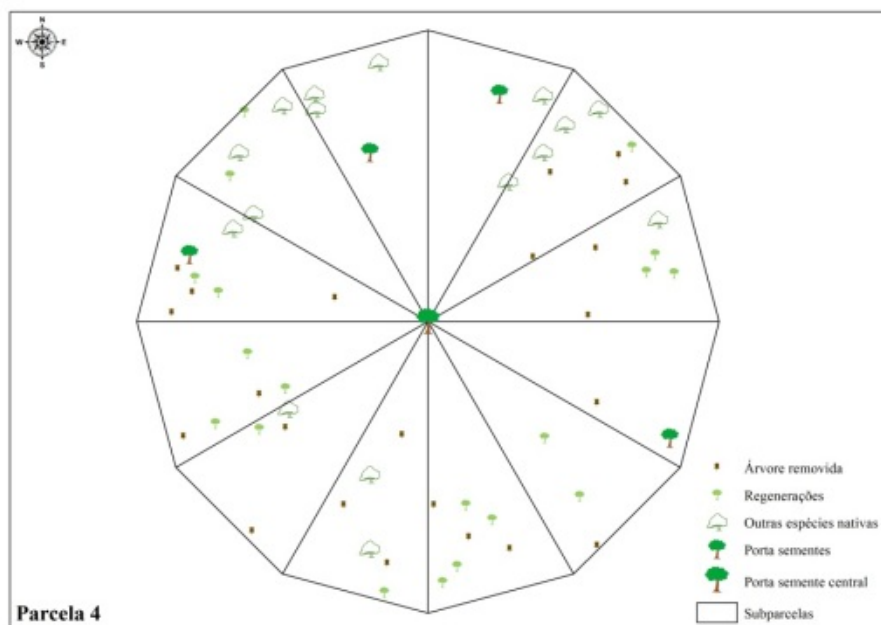


(b)“...Continua...”

“...Continua...”

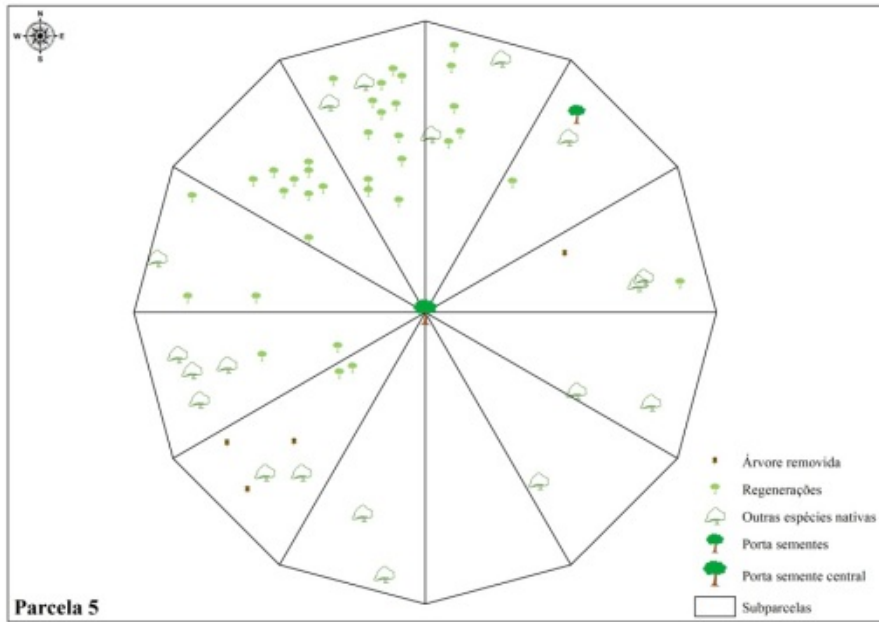


(c)

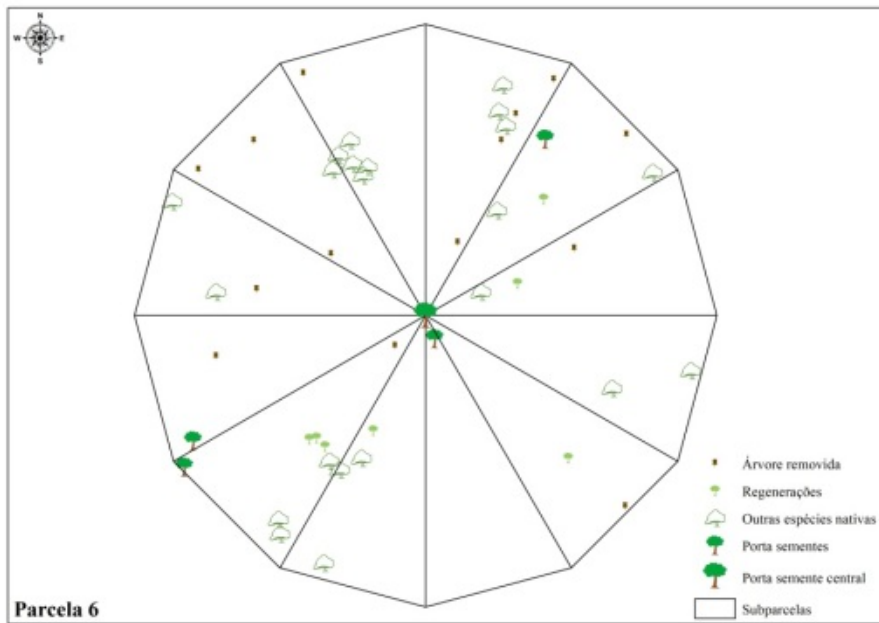


(d)“...Continua...”

“...Continua...”

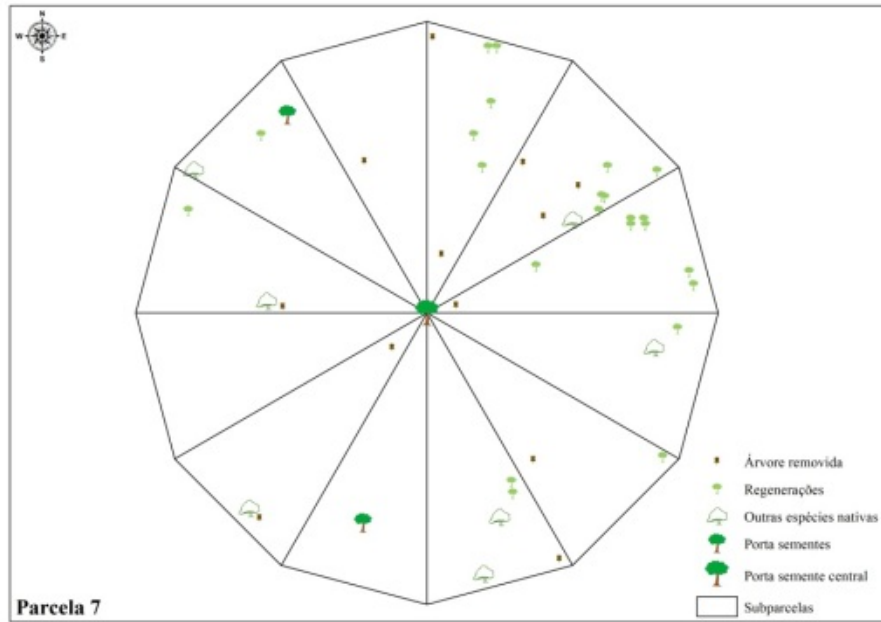


(e)

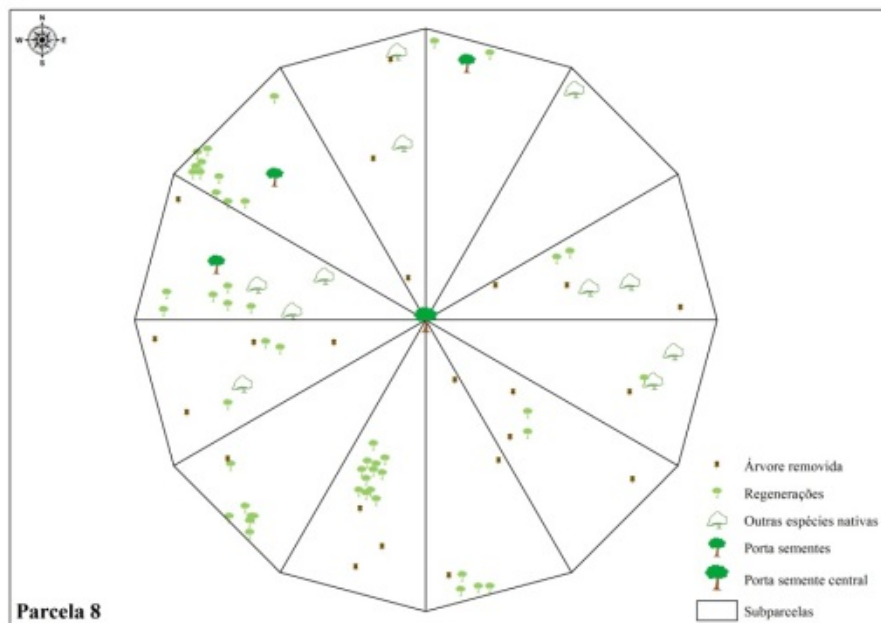


(f)“...Continua...”

“...Continua...”

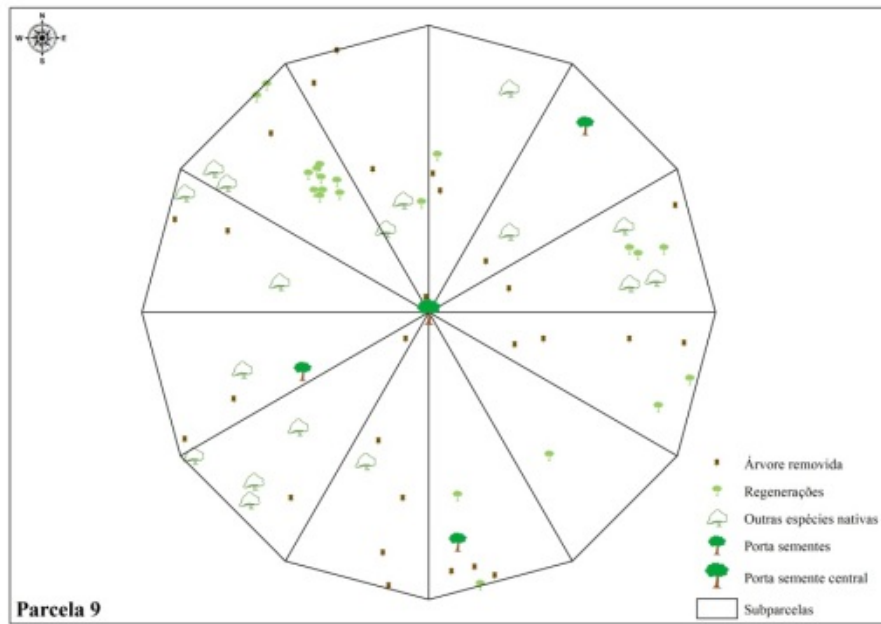


(g)



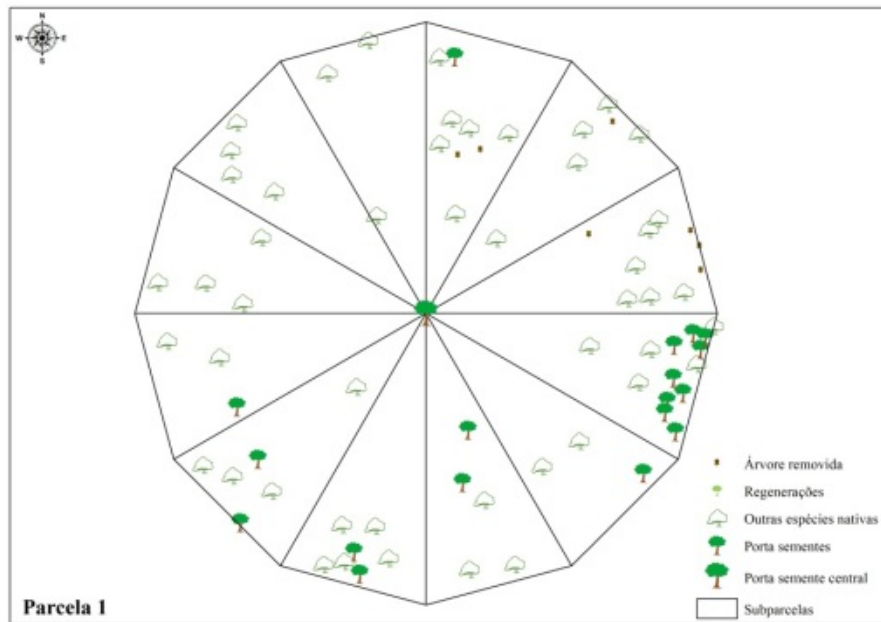
(h)“...Continua...”

“...Continua...”

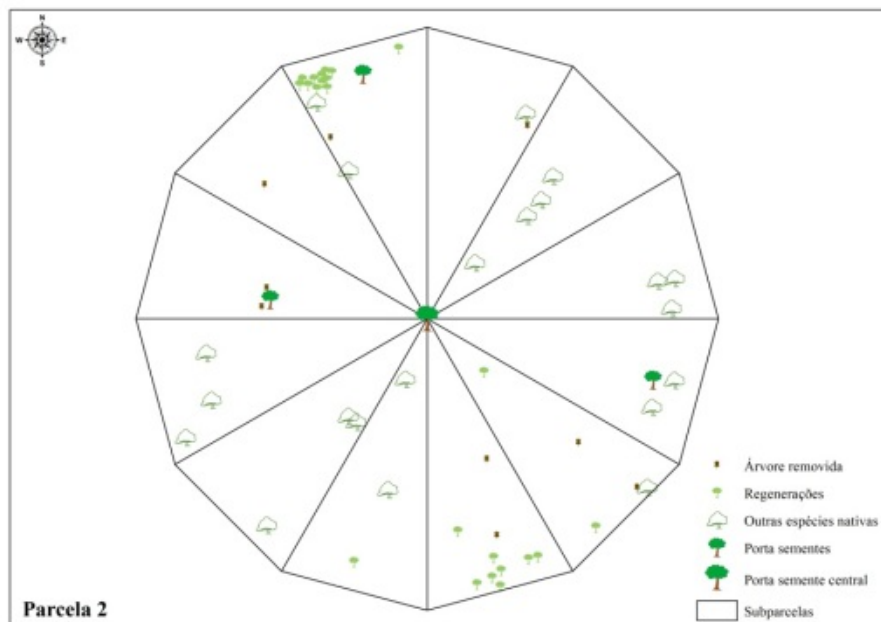


(i)

Figura 38 Distribuição espacial das variáveis mensuradas nas parcelas do fragmento 3



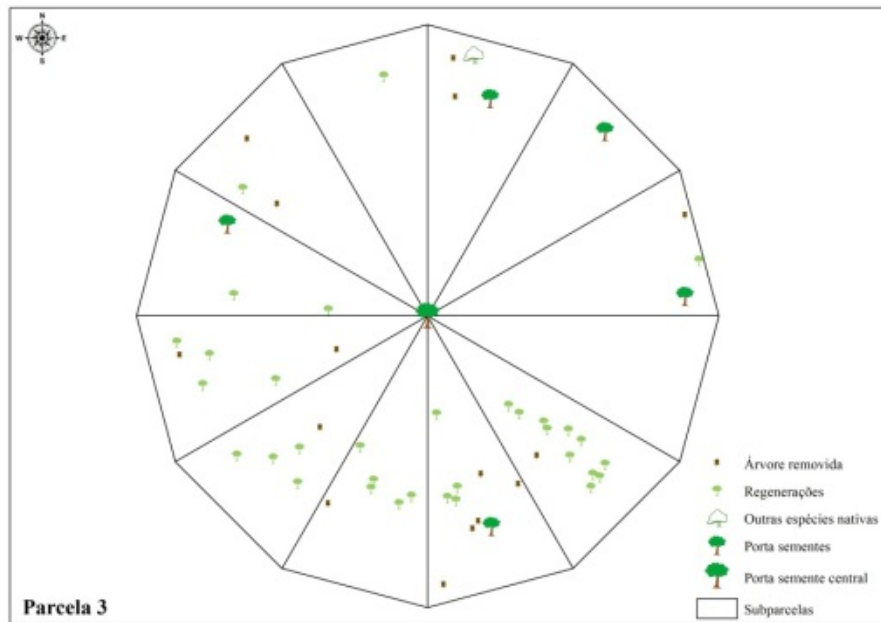
(a)



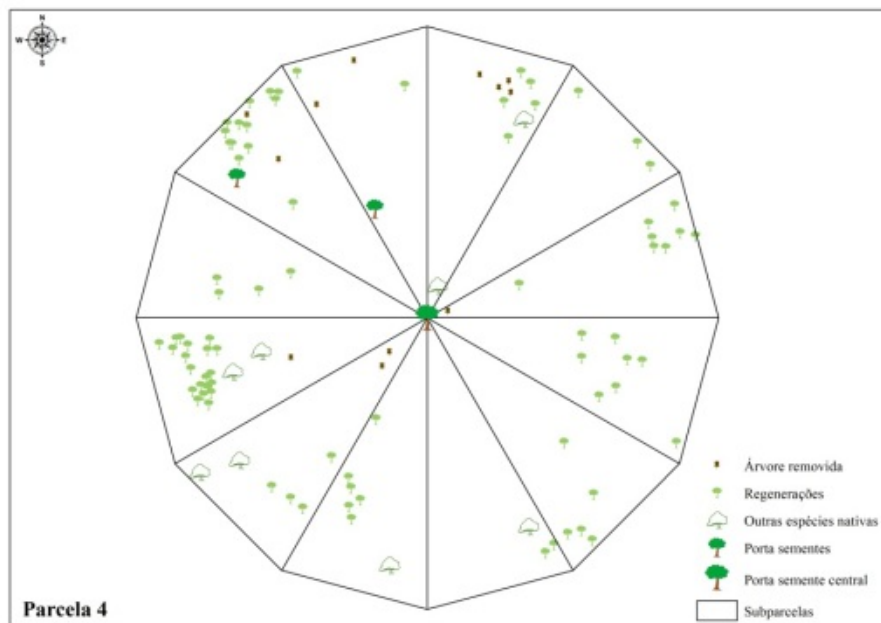
(b)

“...Continua...”

“...Continua...”



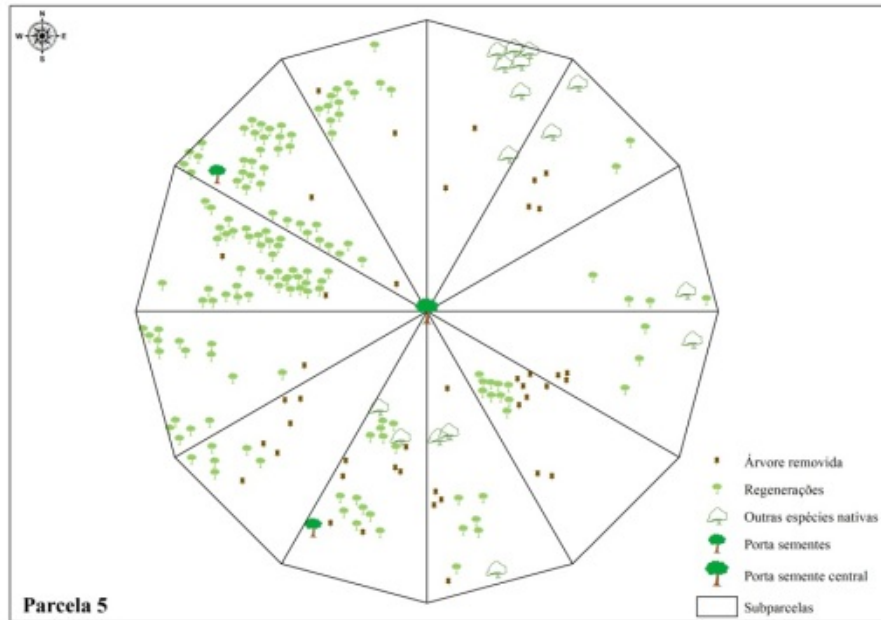
(c)



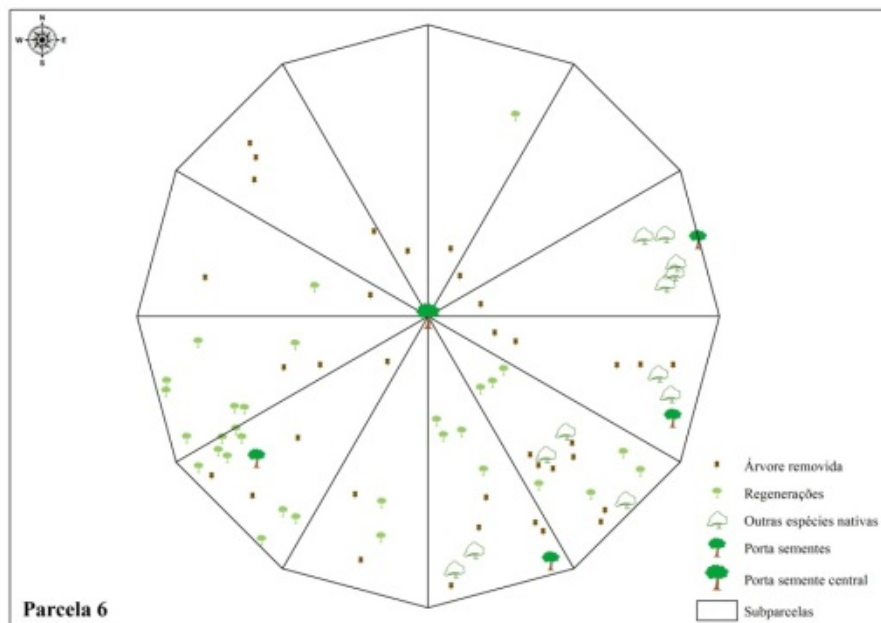
(d)

“...Continua...”

“...Continua...”



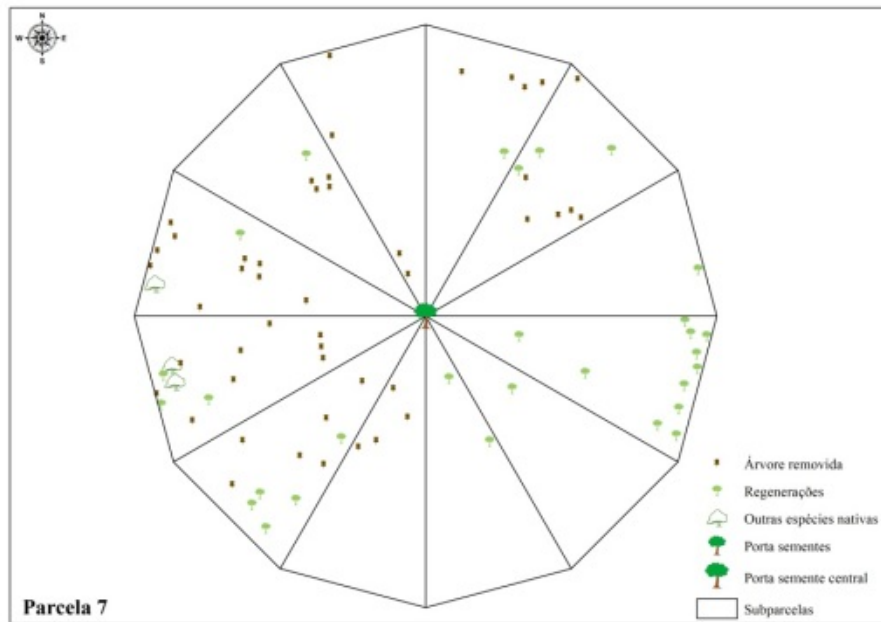
(e)



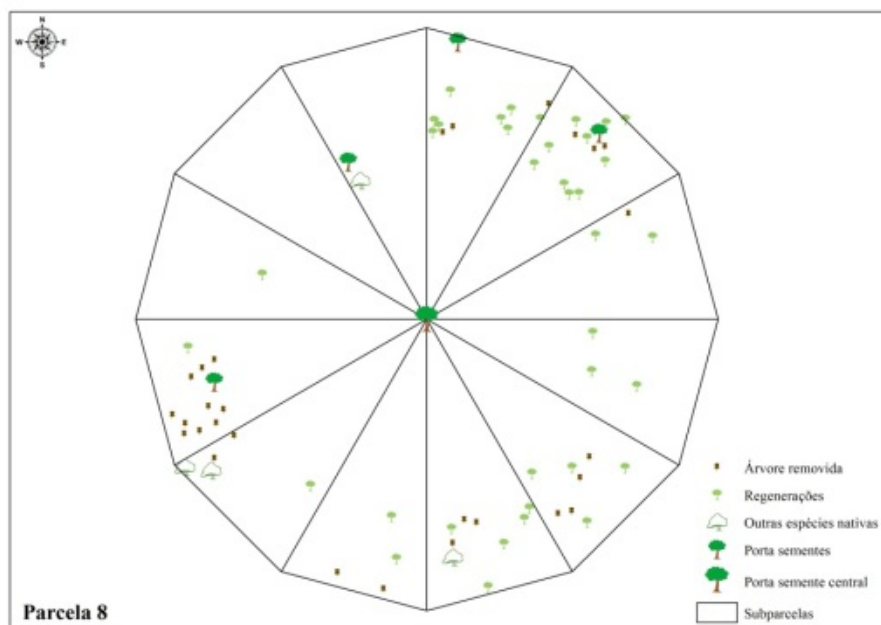
(f)

“...Continua...”

“...Continua...”



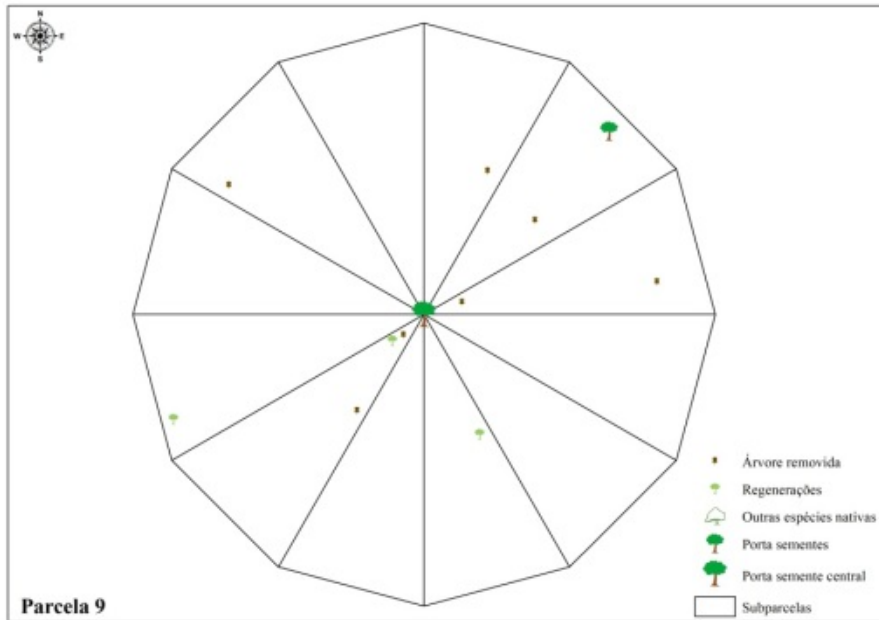
(g)



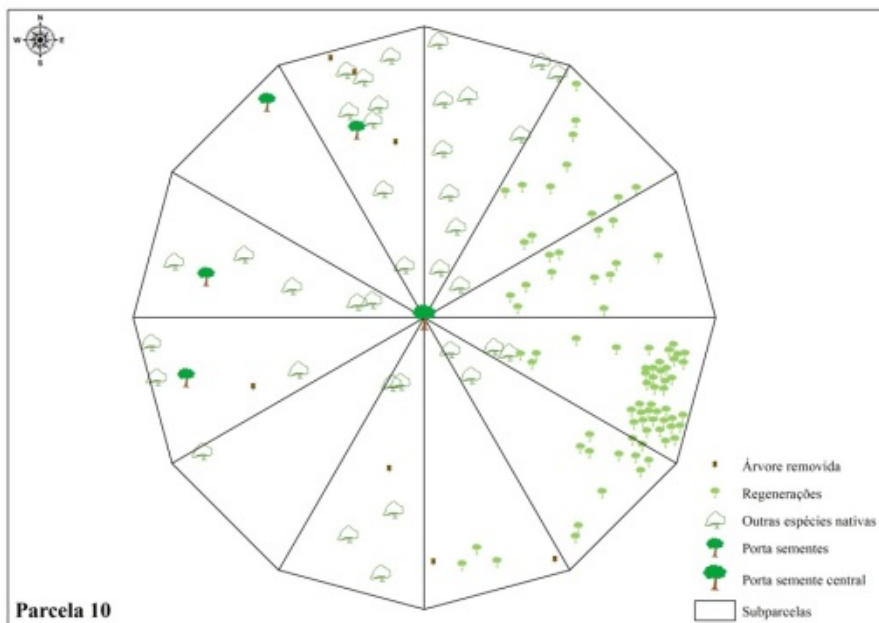
(h)

“...Continua...”

“...Continua...”



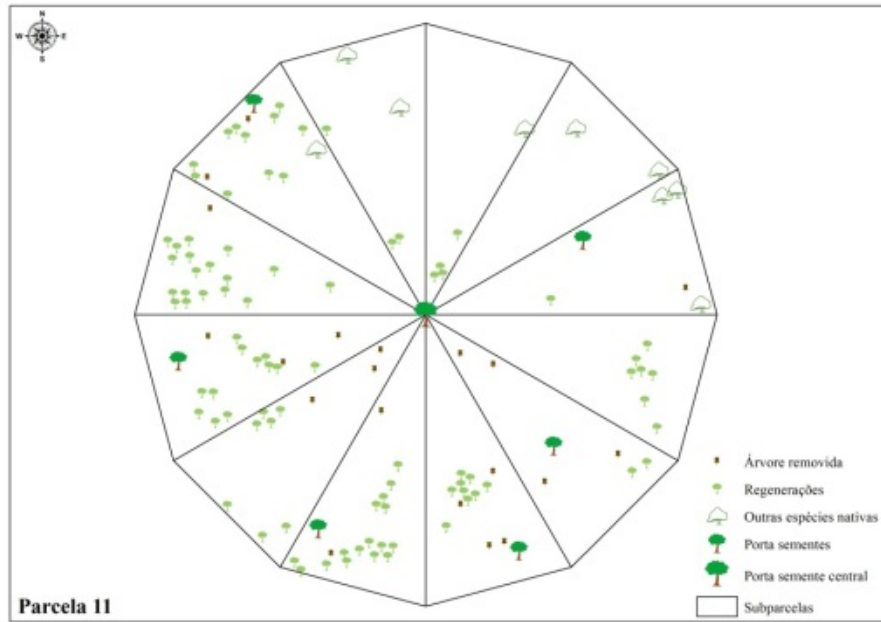
(i)



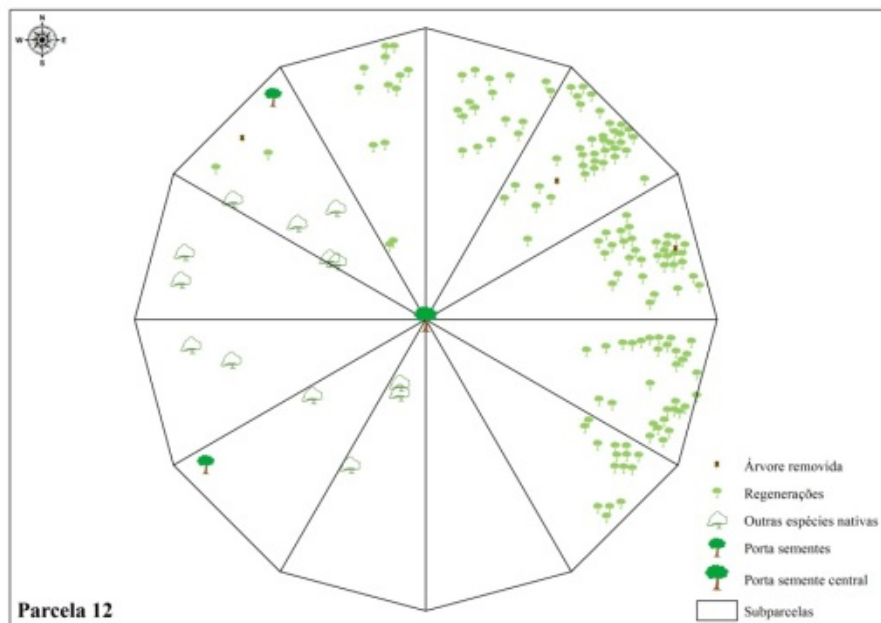
(j)

“...Continua...”

“...Continua...”



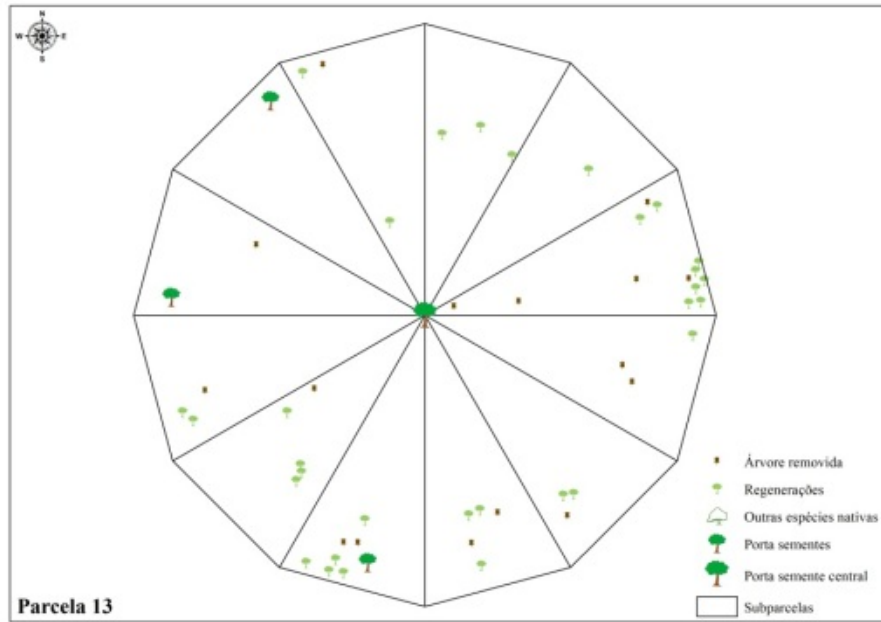
(k)



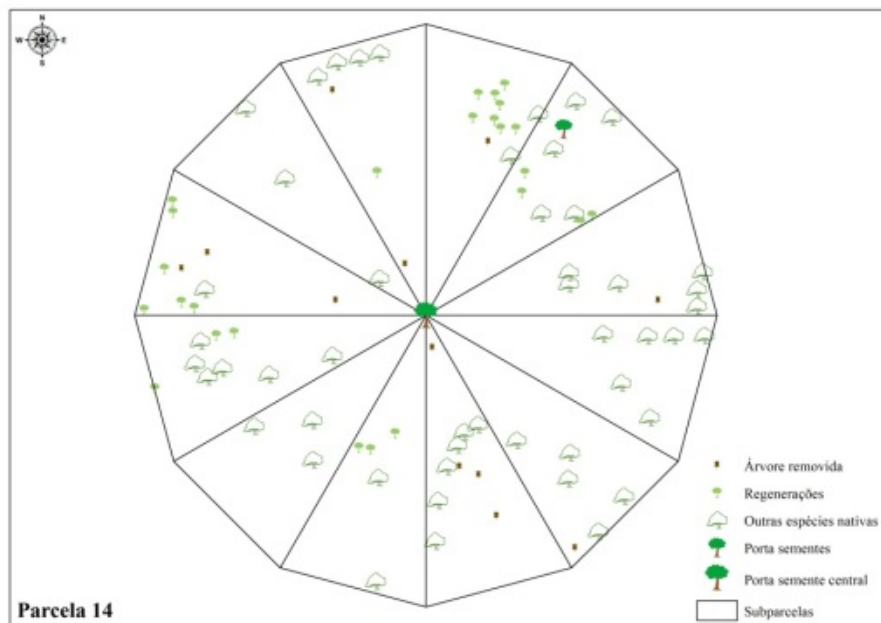
(l)

“...Continua...”

“...Continua...”



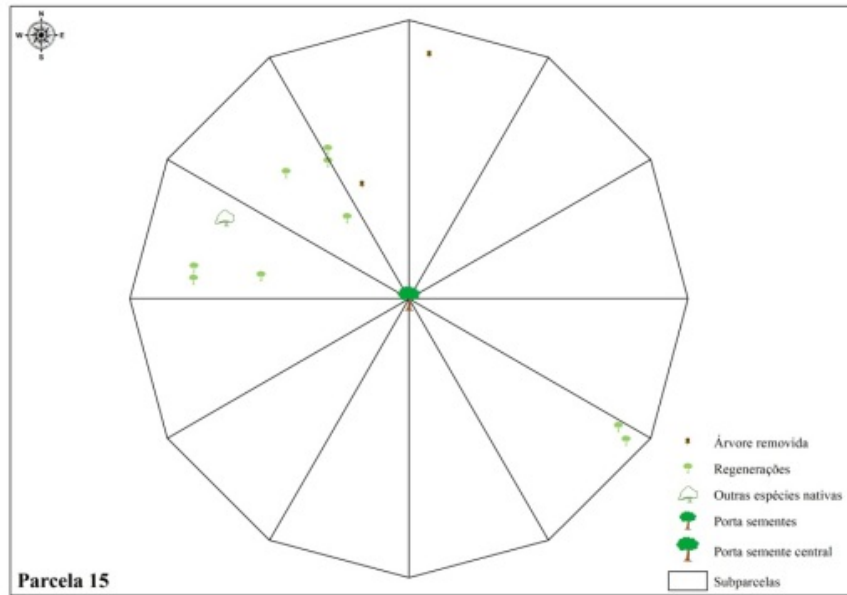
(m)



(n)

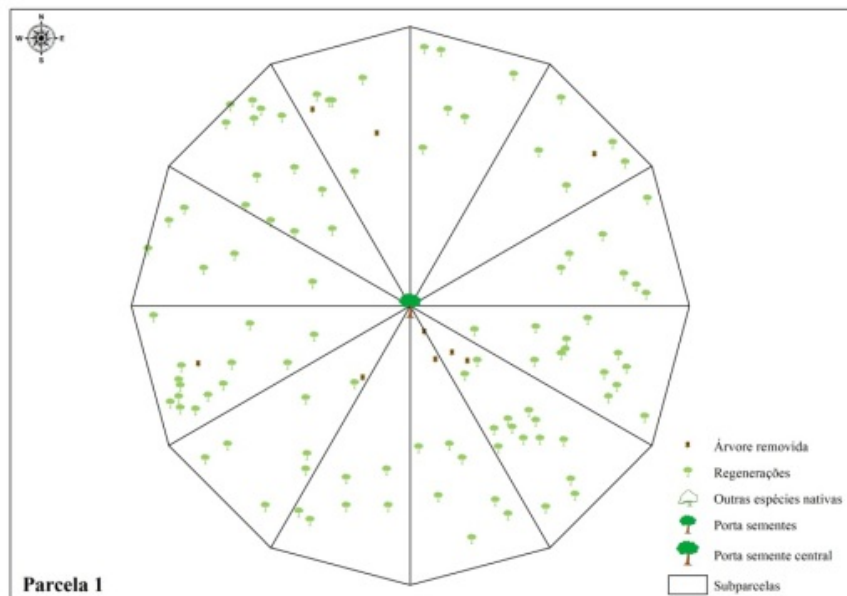
“...Continua...”

“...Continua...”



(o)

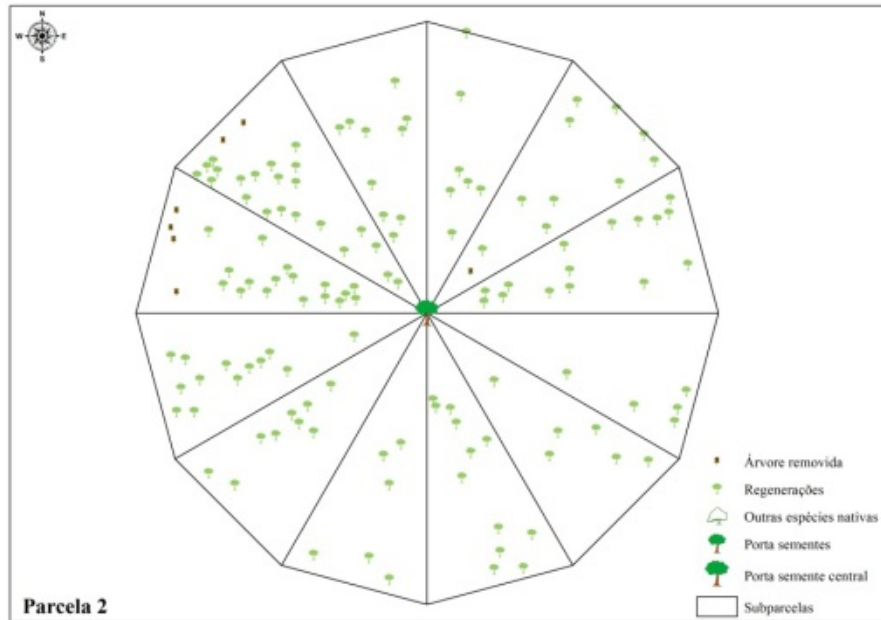
Figura 39 Distribuição espacial das variáveis mensuradas nas parcelas do fragmento 4



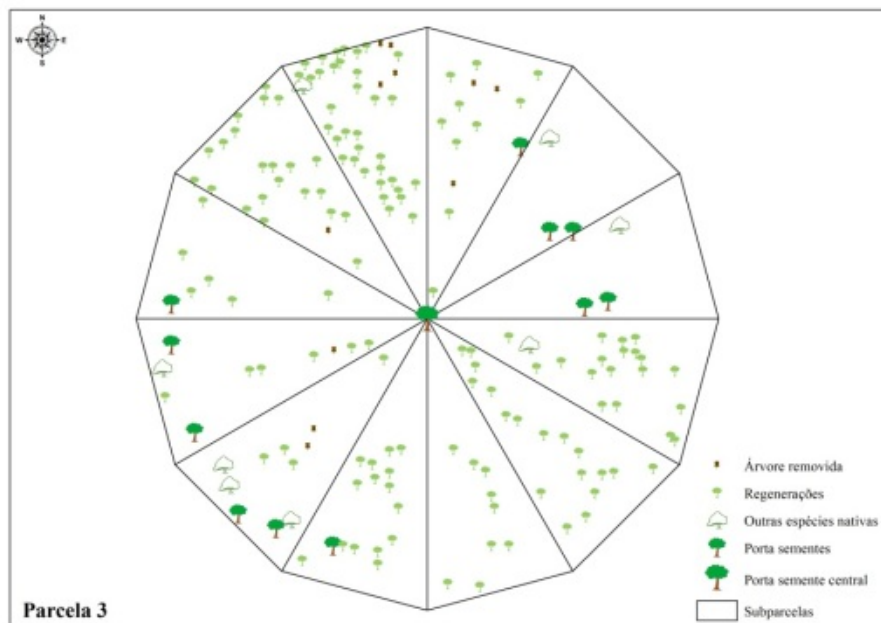
(a)

“...Continua...”

“...Continua...”



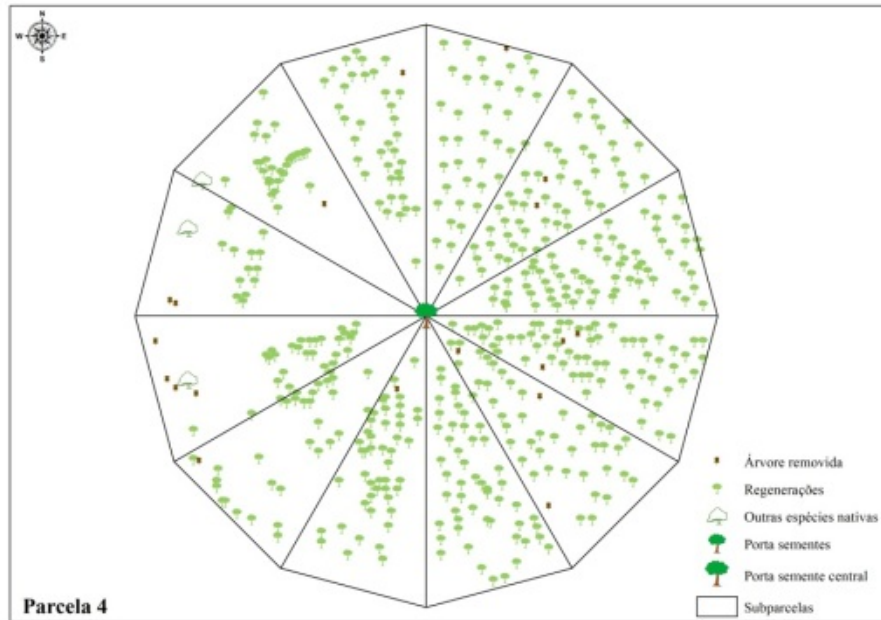
(b)



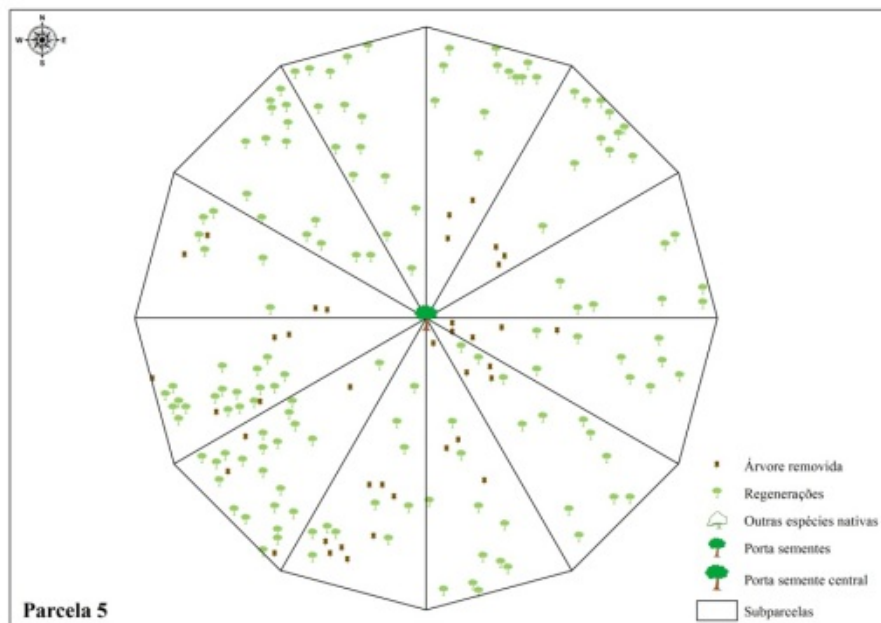
(c)

“...Continua...”

“...Continua...”



(d)



(e)

Figura 40 Distribuição espacial das variáveis mensuradas nas parcelas do fragmento 5