

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL

**INFLUÊNCIA DE FATORES EDÁFICOS E TOPOGRÁFICOS NA DINÂMICA
POPULACIONAL DE *Sorocea bonplandii* (Baillon) W. C. Burger et al. EM UMA FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DA MATA ATLÂNTICA**

Luiza Costa de Mendonça
ORIENTADORA: Andreza Viana Neri

Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa
como parte das exigências da disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso


Viçosa
Minas Gerais – Brasil
2025

Luiza Costa de Mendonça


**INFLUÊNCIA DE FATORES EDÁFICOS E TOPOGRÁFICOS NA DINÂMICA
POPULACIONAL DE *Sorocea bonplandii* (Baillon) W. C. Burger et al. EM UMA FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DA MATA ATLÂNTICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa
como parte das exigências da disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso


Dra. Lhoraynne Pereira Gomes: _____

Documento assinado digitalmente
 LHORAYNNE PEREIRA GOMES
Data: 30/06/2025 13:46:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Marina Tack Ramos:

Documento assinado digitalmente
 MARINA TACK RAMOS
Data: 30/06/2025 13:11:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Andreza Viana Neri: _____

Documento assinado digitalmente
 ANDREZA VIANA NERI
Data: 30/06/2025 15:24:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(ORIENTADORA)

*Dedico às minhas avós, Doca e Maria Luiza,
elas que muitas vezes cuidaram de mim e me
mostraram o significado de força.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a mim, que sempre tive vontade de viver as oportunidades que a vida me proporciona e por ter tido força para seguir meus próprios caminhos, enfrentando as dificuldades que persistem em atrasar a resistência da sociedade para viver num mundo justo. Ter a consciência da minha posição fez com que eu soubesse dosar todas minhas atitudes e agisse com respeito e resiliência na minha vida.

Agradeço especialmente ao meu pai Saulo, futuro professor, minha mãe Agueda, professora que me inspira e ensina o poder da educação e meu irmão Renato que são meus maiores exemplos de vida e amor, são minhas motivações e sem eles nada disso seria real, reconheço todo esforço em ser a base para minha construção profissional e toda confiança em mim e no meu potencial. Ao meu pequeno gigante Momo, a melhor companhia diária. Aos meus familiares, principalmente meu padrinho Pércio e minhas tias Débora, Rita, Joana e Antonieta que sempre me encheram de carinho e alegraram muito dos meus dias com encontros regados a música boa e comidas acolhedoras.

Agradeço imensamente a Lhoraynne, uma pessoa de coração enorme, que segurou minha mão durante toda construção desse trabalho, me ensinou como fazer pesquisa, teve paciência em passar todo conhecimento para que colhêssemos o resultado, foi uma excelente professora e amiga. Á Andreza, minha orientadora que abriu as portas da pesquisa para que eu pudesse caminhar nessa área e confiou em mim um projeto relevante. Aos meus amigos de trabalho Marina, Celso Antônio, Alice Rodrigues, Fábria, Rodrigo, Cecília, Carlos, Samara, Dávis, Nathalia Sacchetto, Alex, Rafaela, Isabela, Nathalia Silva, Josi e Miguel, fizeram do LEEP um lugar agradável e confortável para trabalhar, a presença e companhia de cada um, dentro e fora do laboratório, faz toda diferença!

As amigas da graduação Gabriela, Thaís, Ana Beatriz, Lara e Alice Baltazar por serem as melhores companhias para lembrar que a vida presta e que fazer biologia é se atentar a beleza nos detalhes. A Luísa Salgado (Xará) que me segurou nos momentos mais difíceis, me ergueu e mostra, sempre que necessário, o lado bom da vida. A equipe de basquete feminino da LUVE por me abraçarem e me motivarem a continuar no esporte, foram ótimos os momentos de diversão com todas! Agradeço também a Gabriele por fazer de nossa república uma casa e muitas vezes um ambiente familiar, nossas comidas e conversas foram essenciais para me dar força. Aos amigos de longas datas, também gostaria de agradecer por serem refúgio e por me incentivarem a voar com a segurança de que tenho aonde voltar.

A Universidade Federal de Viçosa e ao curso de Ciências Biológicas – Bacharelado, toda estrutura, aos professores e técnicos que acreditam no poder transformador da educação. A Divisão de Saúde Psicossocial por ter sido um lugar fundamental de cuidado a minha saúde mental. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro e a Probiodiversa Brasil por acreditar no meu potencial e incentivar meu crescimento profissional.

Por fim agradeço a todos que fizeram parte da minha caminhada até aqui, desde meus professores do ensino fundamental até os da graduação, e contribuíram para meu crescimento como cientista e como pessoa.

Muito obrigada.

RESUMO

Influência de Fatores Edáficos e Topográficos na Dinâmica Populacional de *Sorocea bonplandii* (Baillon) W. C. Burger et al. em uma Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica

A Mata Atlântica é um dos biomas mais afetados pela fragmentação florestal, apresentando áreas de matas secundárias com baixa resiliência e inúmeras perturbações ambientais. No entanto, estudos de longa duração ajudam na compreensão de padrões e tendências nas relações ecológicas de florestas tropicais. Nosso objetivo foi calcular as taxas de dinâmicas da população de *Sorocea bonplandii* e os efeitos das variáveis ambientais sobre a população em uma Floresta Estacional Semidecidual Secundária do município de Viçosa, Minas Gerais. Para isso usamos os dados de estudos previamente feitos em 2 parcelas (N e S1) localizadas em regiões diferentes, totalizando 200 subparcelas permanentes de 10 m x 10 m, onde foram amostrados todos os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP) > 10 cm. Em cada parcela foi coletado dados químicos e físicos do solo, além de dados topográficos. Calculamos taxas de dinâmica como recrutamento, sobrevivência, mortalidade e crescimento em 5 intervalos de tempo diferentes para parcela S1 – de 1984 a 2024 – e 4 intervalos para a parcela N – de 1993 a 2024. Para verificar se existe diferenças edáficas significativas entre as parcelas N e S1 foi feito o teste de Wilcoxon e para verificar o efeito das variáveis ambientais na dinâmica populacional de *Sorocea bonplandii* utilizamos o Modelo Linear Generalizado (GLM). Estatisticamente S1 e N apresentam diferenças, os componentes argila e alumínio apresentam uma porcentagem maior na S1. Similarmente, as variáveis areia grossa, fósforo residual, pH, saturação de bases e soma de bases apresentam concentração média maior na parcela N indicando um solo mais fértil. Na parcela S1 a soma de bases (SB) e argila influenciam 25% do recrutamento dos indivíduos. Já a parcela N, SB e declividade explicaram 35,5% do recrutamento, argila e inclinação responderam por 43% do número de indivíduos e SB e argila explicaram 38,2% da sobrevivência. Os resultados sugerem que fatores edáficos como disponibilidade de nutrientes e textura do solo desempenham um papel importante na manutenção e estabelecimento da espécie, destacando a importância do solo na dinâmica populacional de *Sorocea bonplandii*. Colaborando para melhor entendimento da ecologia da espécie em florestas e abrindo portas para pesquisas de dinâmica populacional. Essa análise também auxilia nos estudos e estratégias de conservação e restauração.

Palavras-chave: Fragmentação florestal, Sucessão secundária, Disponibilidade de nutrientes, Recrutamento de espécies, Restauração ecológica.

ABSTRACT

The Atlantic Forest is one of the biomes most affected by forest fragmentation, containing areas of secondary forests with low resilience and numerous environmental disturbances. However, we find key species for restoration in these areas, which are often correlated with environmental factors. Our objective was to calculate the population dynamics rates of *Sorocea bonplandii* over the years and to assess the effects of environmental variables on its population in a Secondary Semideciduous Seasonal Forest in the municipality of Viçosa, Minas Gerais, Brazil. For this, we used data from previous studies conducted in two plots (N and S1) located in different regions, totaling 200 permanent subplots of 10 m x 10 m, where all individuals with a circumference at breast height (CBH) greater than 10 cm were sampled. In each plot, chemical and physical soil data were collected, along with topographic data. We calculated dynamic rates such as recruitment, survival, mortality, and growth across five different time intervals for plot S1 (from 1984 to 2024) and four intervals for plot N (from 1993 to 2024). To test whether there were significant edaphic differences between plots N and S1, we used the Wilcoxon test. To assess the effect of environmental variables on the population dynamics of *Sorocea bonplandii*, we applied Generalized Linear Models (GLM). Statistically, S1 and N show significant differences, with higher percentages of clay and aluminum in plot S1. Conversely, coarse sand, residual phosphorus, pH, base saturation, and sum of bases show higher mean concentrations in plot N, indicating a more fertile soil. In plot S1, the sum of bases (SB) and clay content explained 25% of the recruitment of individuals. In plot N, SB and slope explained 35.5% of recruitment, while clay and slope accounted for 43% of the number of individuals, and SB and clay explained 38.2% of survival. The results suggest that edaphic factors such as nutrient availability and soil texture play an important role in the maintenance and establishment of the species, highlighting the importance of soil in the population dynamics of *Sorocea bonplandii*. This contributes to a better understanding of the species' ecology in forest environments and opens new avenues for population dynamics research. Moreover, this analysis supports studies and strategies for conservation and ecological restoration.

Keywords: Forest fragmentation, Secondary succession, Nutrient availability, Species recruitment, Ecological restoration

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 11 |
| MATERIAIS E MÉTODOS | 13 |
| Área de estudo | 13 |
| Desenho amostral e coleta de dados | 14 |
| Variáveis ambientais | 15 |
| Dinâmica populacional de <i>Sorocea bonplandii</i> | 15 |
| Análises estatísticas | 16 |
| RESULTADOS | 17 |
| Diferenças ambientais entre as parcelas | 17 |
| Dinâmica populacional da <i>Sorocea bonplandii</i> | 19 |
| Relação ecológica entre a espécie e variáveis ambientais | 22 |
| DISCUSSÃO | 27 |
| Dinâmica populacional | 27 |
| Relações ecológicas entre <i>Sorocea bonplandii</i> e variáveis ambientais | 29 |
| CONCLUSÃO | 30 |
| REFERÊNCIAS | 30 |
| ANEXOS | 35 |
| Anexo 1 | 35 |
| Anexo 2 | 37 |
| Anexo 3 | 38 |
| Anexo 4 | 41 |
| Anexo 5 | 43 |
| Anexo 6 | 44 |
| Anexo 7 | 45 |
| Anexo 8 | 46 |
| Anexo 9 | 47 |

| | |
|-----------------------|----|
| Anexo 10 | 48 |
| Anexo 11 | 49 |
| Anexo 12 | 50 |
| Anexo 13 | 51 |

INTRODUÇÃO

A riqueza de espécies vegetais da Mata Atlântica vem sofrendo notória queda do número de indivíduos, além do aumento no risco de extinção devido a fragmentação, mudanças de uso da terra, desmatamento e outras ações antrópicas (De Lima et al., 2024). Entender o status, o processo, as condições de uma floresta e a distribuição das espécies chaves, é fundamental para a elaboração de estratégias que contribuem para conservação da biodiversidade (Ali, 2023). Entre esses processos, analisar a dinâmica populacional das espécies vegetais mais abundantes em diferentes fragmentos tropicais pode mostrar importantes relações ecológicas entre espécies e fatores edáficos (Hordijk et al., 2024). Principalmente se levarmos em consideração que em florestas tropicais as espécies arbóreas tendem a apresentar uma baixa densidade populacional por área, o que torna difícil ações de monitoramento e conservação (Swaine et al., 1987). Portanto, estudos de longa duração são estratégicos para compreender os processos ecológicos e contribuir para o conhecimento em restauração de florestas tropicais (Diniz, 2013).

A Mata Atlântica é um dos *hotspots* de biodiversidade mais importantes do mundo, possui uma vegetação altamente fragmentada (Vancine et al., 2024) e está na lista das 10 Iniciativas de Referência da Década da Restauração de Ecossistemas segundo a ONU (Organização das Nações Unidas). Entre as fitofisionomias da Mata Atlântica, a Floresta Estacional Semidecidual é a segunda maior e encontra-se na região interior central e sudeste do bioma (Morrelato & Haddad, 2000). Sua localização levou a uma grande perda de habitat devido ao avanço urbano do Sudeste, região que abriga a maior parte da população brasileira (Elmqvist et al., 2013). O estudo desta fitofisionomia torna-se cada vez mais relevante, visto que o panorama atual revela uma redução do tamanho dos fragmentos florestais nos últimos anos (Vancine et al., 2024) e maior suscetibilidade as mudanças climáticas (Bennett et al, 2023).

Apesar de importantes, os estudos com dinâmica de população de árvores foram relevantes nos anos 80 e 90 (Burslem & Whitmore, 1999; LaFrankie, 1994; McCormick, 1995; Swaine et al., 1987;), mas perderam espaço nos últimos anos. O estudo de comunidades vegetais mostra resultados relevantes para compreensão dos efeitos das mudanças climáticas nas florestas ao longo dos anos, bem como sua capacidade de adaptação (Tack, 2024). No entanto, poucos estudos revelam o impacto direto a nível de indivíduos e populações que compõe essas comunidades, visto que a nível individual é possível avaliar mudanças no crescimento e risco de mortalidade das árvores (Zuidema et al., 2013). Compreender quais fatores são responsáveis pelo maior crescimento e quais impactam mais na mortalidade é fundamental para entender a

dinâmica das populações, e conseqüentemente os processos demográficos dentro das comunidades (Swaine et al., 1987; Torres et al., 2023; Zuidema et al., 2013). Essas pesquisas podem contribuir para o entendimento da ecologia e caracterização de determinada espécie em ambientes diversos como as florestas tropicais (Swaine; Lieberman; Putz, 1987).

As características ambientais desempenham um importante papel nos estudos de ecologia vegetal (Ali, 2023, Elmqvist et al., 2013; Hordijk et al., 2024; Sollins, 1998). Investigar as características do solo é uma ferramenta importante para compreender diferenças entre fragmentos e a distribuição das comunidades vegetais (Sollins, 1998). Distúrbios ambientais afetam a composição do solo em florestas e podem alterar a estrutura da comunidade, acarretando a dominância das espécies vegetais nos trópicos (Hordijk et al., 2024). A composição química e física do solo exerce papel determinante na distribuição, abundância e dinâmica das populações vegetais (John et al., 2007; Quesada et al., 2012). Em ambientes com solos menos férteis, observa-se frequentemente a seleção de espécies adaptadas a condições de estresse nutricional, que desenvolvem estratégias conservativas de uso de recursos, como baixa taxa de crescimento, alta eficiência no uso de nutrientes e maior longevidade (Wright et al., 2004; Reich, 2014). A topografia é outro fator ambiental chave que influencia diretamente a disponibilidade de recursos e as condições microambientais, modulando os processos de recrutamento, crescimento e mortalidade de espécies vegetais (Harms et al., 2001; Valencia et al., 2004). Áreas com alta declividade, por exemplo, tendem a apresentar solos mais rasos, menor retenção de água e maior lixiviação de nutrientes, criando condições mais restritivas para o estabelecimento de muitas espécies (Clark et al., 1999). A especialização ecológica de certas espécies a ambientes com estresse edáfico, como solos ácidos e pobres em nutrientes, é um mecanismo bem documentado na ecologia de florestas tropicais (Fine et al., 2004; Toledo et al., 2012). Vários estudos comprovam a relação do solo com o desenvolvimento vegetal (Martins et al., 2015; Werden; Becknell; Powers, 2018), no entanto, é fundamental entender quais variáveis ambientais são mais relevantes para os indivíduos em uma determinada floresta, revelando interações mais específicas e levando a interpretações de diferentes efeitos no gradiente (Clark; Clark; Read, 1998; Toledo et al., 2012).

Neste contexto, *Sorocea bonplandii* (Baillon) W. C. Burger, Lanjouw & Wess, da família Moraceae, é uma espécie considerada medicinal e com grande relevância para a restauração (Carvalho, 2008). Essa árvore perenifólia pode atingir 15 m de altura na idade adulta, seu local de ocorrência natural no Brasil é nas florestas estacional e ombrófila nas regiões sul, sudeste e centro-oeste (Carvalho, 2008). Em fragmentos de Floresta Estacional

Semidecidual de Minas Gerais essa espécie é dominante, apresenta uma abundância muito relevante e discrepante dentro da comunidade vegetal (Rodrigues; Villa; Neri, 2019, Rodrigues et al., 2020). A espécie costuma ser observada em abundância em ambientes associados a solos de baixa fertilidade, elevada acidez e alto teor de alumínio, características frequentemente encontradas em terrenos com alta declividade (Carvalho, 2003; Durigan & Ratter, 2016). Essa preferência sugere uma notável tolerância a estresses edáficos, o que pode conferir vantagens competitivas em ambientes marginalizados por outras espécies mais dependentes de solos férteis.

De acordo com o que foi exposto, nos questionamos quais fatores determinam a abundância de *Sorocea bomplandii* em um fragmento secundário de Floresta Estacional Semidecidual. Nosso objetivo é calcular as taxas de dinâmica da população ao longo de 40 anos e identificar possíveis relações entre as variáveis ambientais e o recrutamento, crescimento e mortalidade de *S. bomplandii* na Mata Atlântica. Assim, esperamos que a ocorrência de *S. bomplandii* esteja associada a topografia e as variáveis edáficas no fragmento, deste modo, hipotetizamos que áreas menos férteis, com maior índice de teor de alumínio e alta declividade tenham maior abundância da espécie, alta sobrevivência, mais recrutamentos e crescimento da população. Para isso, analisamos o solo para investigar diferenças e como isso implica na dinâmica populacional da espécie. Nosso trabalho buscou preencher a lacuna de estudos ecológicos sobre essa população vegetal. Destacamos que avaliar a dinâmica de espécies-chave como *Sorocea bomplandii* permite compreender os processos de regeneração natural e os potenciais para restauração ecológica, sendo um passo importante para a conservação da Mata Atlântica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em uma de Floresta Estacional Semidecidual Montana da Mata Atlântica, denominada 'Mata da Biologia', localizada dentro do campus da Universidade Federal de Viçosa (20°45'14"S, 42°45'53"W) no município de Viçosa, estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. O fragmento possui aproximadamente 75 ha e já foi utilizado para o cultivo de café à sombra sob cobertura de floresta natural até 1926, mas desde então está no processo de regeneração natural e encontra-se em estágio intermediário de sucessão (De Paula; Da Silva; De Souza, [S.d.]). Localizado em uma região de relevo montanhoso e fortemente ondulado, o

fragmento está entre 620 e 820 m de altitude e apresenta um gradiente de solo entre Latossolos Vermelho-Amarelos, no topo das regiões mais altas e nas encostas mais íngremes, e Cambissolos ricos em nutrientes nos vales (Ferreira-Júnior et al., 2007). A área de estudo possui um clima subtropical moderadamente úmido, com estação seca ocorrendo de maio a setembro e estação chuvosa entre dezembro e março. A umidade relativa média anual é de cerca de 80%, a temperatura média anual do ar é de 19 °C e a precipitação média anual é de 1340 mm (Alvares et al., 2013).

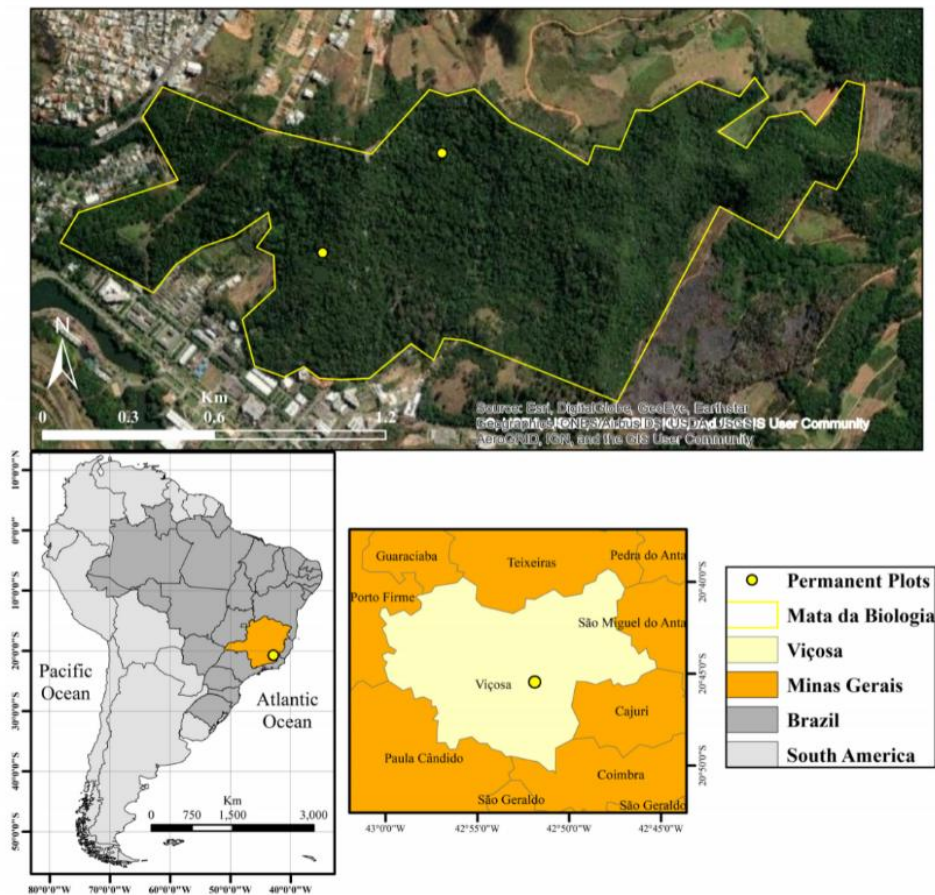


Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo e das parcelas permanentes da Mata da Biologia em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Desenho amostral e coleta de dados

Foi usado o banco de dados da comunidade vegetal da “Mata da Biologia”, monitorada desde 1984 com levantamentos florísticos e pesquisas ecológicas (Gomes, 2023; Rodrigues et al., 2021; Ramos, 2024). Os dados foram obtidos a partir de 2 parcelas permanentes (N e S1) de 1 ha (100 x 100 m), cada uma subdividida em 100 subparcelas de 10 x 10 m, totalizando 200 subparcelas. A parcela N foi amostrada nos anos de 1993, 2004, 2011, 2017 e 2024 e a parcela S1 nos anos de 1984, 1998, 2003, 2011, 2017 e 2024. Em cada parcela, todos os indivíduos

arbóreos vivos com circunferência à altura do peito (CAP) igual ou superior a 10 cm foram registrados e medidos. Todos os indivíduos foram identificados, e a nomenclatura das espécies segue o sistema de classificação do *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG IV 2016). Para execução desta pesquisa foram selecionados os dados de CAP e altura dos indivíduos de *Sorocea bonplandii* de todos os anos de coleta.

Variáveis ambientais

Seguindo a metodologia descrita por Ferreira-Júnior (2017), a caracterização do solo foi realizada de forma sistemática, com amostras coletadas em três pontos por subparcela, a uma profundidade de 0-10 cm. As amostras foram então homogeneizadas para obter uma amostra composta por subparcela. As análises foram conduzidas no Laboratório de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Os atributos físico-químicos avaliados incluíram: pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), acidez trocável (tAl), acidez potencial (pAl), matéria orgânica (OM), soma de bases (SB), porcentagem de saturação por alumínio (m), porcentagem de saturação por troca (V), capacidade de troca catiônica (T), fósforo remanescente (P-r), areia fina, areia grossa, teor de argila e silte, de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2011). Foram coletados dados topográficos para cada subparcela como declividade (Slope), elevação (Elev) e convexidade (Convex) (Rodrigues; Villa; Neri, 2019).

Dinâmica populacional de Sorocea bonplandii

A avaliação da dinâmica populacional de *Sorocea bonplandii* ao longo dos anos foi analisada por meio de valores brutos e de taxas médias anuais de recrutamento, mortalidade, sobrevivência e crescimento em cada subparcela. As métricas foram contabilizadas em cinco intervalos de tempo para a parcela S1: T1(1984 - 1998), T2(1998 - 2003), T3(2003 - 2011), T4(2011 - 2017), T5(2017 - 2024); e quatro intervalos para N: T1(1993 - 2004), T2(2004 - 2011), T3(2011 - 2017), T4(2017 - 2024).

O recrutamento (R) corresponde aos novos indivíduos que atingiram pelo menos 10 cm de CAP no ano de amostragem, mortalidade (M) condiz ao número de indivíduos que morreram em cada ano de amostragem, sobrevivência (S) é aqueles que se mantiveram de um ano para o outro e o crescimento (C) foi contabilizado como a diferença da área basal de cada indivíduo em cada intervalo de tempo (Sheil; Jennings; Savill, 2000).

As taxas foram calculadas de acordo com as fórmulas de Sheil Burslem e Alder (1995), Sheil, Jennings e Savill (2000) e Sheil e May (1996):

$$R = \left[1 - \left(\frac{1-r}{N_f} \right)^{\frac{1}{t}} \right] \times 100,$$

$$M = \left[1 - \left(\frac{N_0 - N_m}{N_0} \right)^{\frac{1}{t}} \right] \times 100,$$

$$S = \left(\frac{N_0}{N_f} \right) \times 100,$$

Onde, r corresponde ao número indivíduos que foram recrutados, N_f número final de indivíduos, t é o intervalo de tempo entre os levantamentos, N_0 é o número inicial de indivíduos e N_m o número de indivíduos mortos.

O crescimento foi calculado em seu valor bruto como a diferença das áreas basais das árvores para cada intervalo de tempo e o crescimento líquido equivale ao valor bruto menos o valor das áreas basais das árvores mortas.

$$A_{basal} = \frac{D^2 \times \pi}{40.000},$$

Onde D é o diâmetro à altura do peito (cm^2).

Análises estatísticas

Para verificar as possíveis diferenças e correlações ambientais entre as parcelas N e S1, foi feita a análise de componentes principais (PCA) utilizando as variáveis químicas e físicas do solo e topográficas. A PCA permite tanto a simplificação quanto a verificação das variáveis mais importantes dos dados (Abdi & Williams 2010). A PCA foi realizada utilizando o pacote 'FactoMineR' (Husson et al., 2017). Para examinar se existe diferenças significativas para cada variável química e física do solo entre as parcelas N e S1, inicialmente foi feito o teste de Shapiro para verificar a normalidade dos dados, como os dados são paramétricos, foi utilizado o teste de Wilcoxon para certificar a diferença dos valores entre as áreas. Por fim, usamos a função “ggboxplot” do pacote ggpubr (Kassambara, 2023) para gerar os gráficos mostrando a diferença de cada variável ambiental nas áreas N e S1.

Fizemos o teste de Shapiro também para verificar a normalidade dos dados de dinâmica e, logo após, realizamos o Teste de Friedman para analisar as diferenças das métricas de dinâmica entre os intervalos de tempo. Quando o resultado do teste foi significativo usamos Wilcoxon para testar as diferenças par a par entre os períodos.

Para verificar a relação entre as métricas de dinâmica e número de indivíduos com as variáveis ambientais usamos o modelo linear generalizado (GLM). Devido a diferença ambiental significativa entre as áreas N e S1, fizemos modelos diferentes para cada uma. Determinamos as variáveis usando um teste de correlação por meio da função “ggparis”

do pacote GGally (Schloerke et al., 2024) e excluimos as variáveis mais correlacionadas, aquelas que apresentavam uma correlação maior que 0,7 quando comparadas entre elas. Com as métricas de dinâmica de valores brutos, que apresentam dados de contagem, operamos com a família binomial negativa utilizando a função “glm.nb” do pacote MASS (Venables & Ripley, 2002). Com as taxas de dinâmica utilizamos a família gaussian e quando os pressupostos não foram atingidos utilizamos a família binomial transformando os valores de taxa dividindo por 100 para ajustá-los entre zero e um. Utilizamos a função “glm” do pacote stats (R Core Team, 2024) para realizar as regressões. Verificamos a multicolinearidade de cada modelo usando a função “check_collinearity” do pacote performance (Lüdecke et al., 2021) onde as variáveis explicativas devem apresentar $VIF < 5$. Para obter o ajuste do modelo, linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados, usamos a função “simulateResiduals” e “testDispersion” do pacote DHARMA (Hartig, 2024). Para visualizar os resultados dos modelos usamos a função “tab_model” do pacote sjPlot (Lüdecke, 2024). Todas as análises foram feitas no R studio (R Core Team, 2024).

RESULTADOS

Diferenças ambientais entre as parcelas

A PCA mostrou que as parcelas N e S1 tendem a se agrupar quando usamos variáveis topográficas e a maior variação nos dados está associada ao eixo PCA1 (56,6%), enquanto o PCA2 explica 24,6% (Figura 2). As variáveis químicas possuem influência na distinção entre as parcelas, com alguns fatores como m, SB e T apresentando maior impacto na separação entre elas (Figura 3). A distribuição de atributos relativos à composição física do solo evidencia que a parcela N tende a ter maiores concentrações de areia grossa, enquanto a área S1 apresenta maior proporção de argila, contribuindo para a diferenciação entre as regiões (Figura 4).

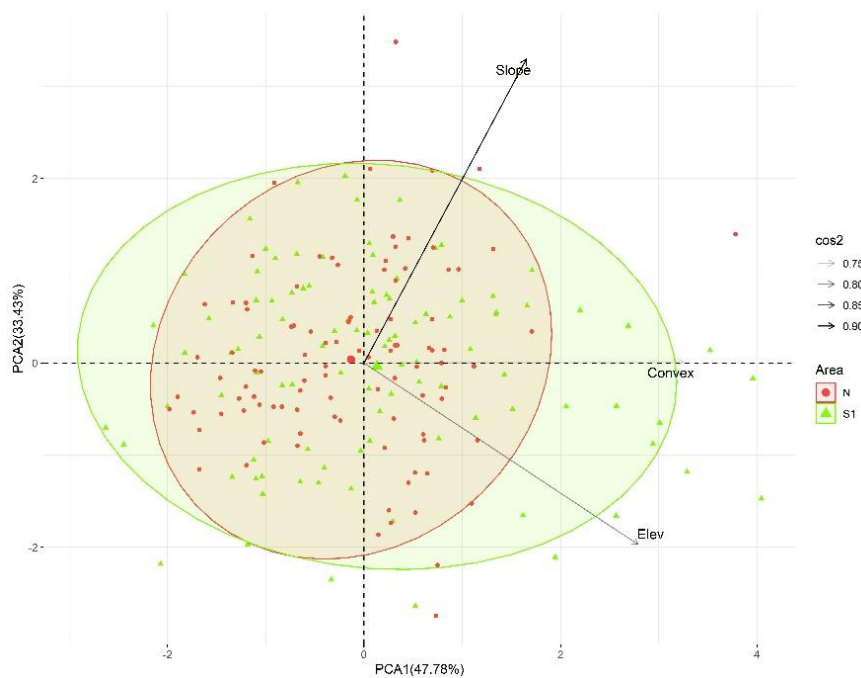


Figura 2 - Análise de componentes principais das relações com as variáveis topográficas declividade (Slope), convexidade (Convex) e elevação (Elev) entre as parcelas N e S1.

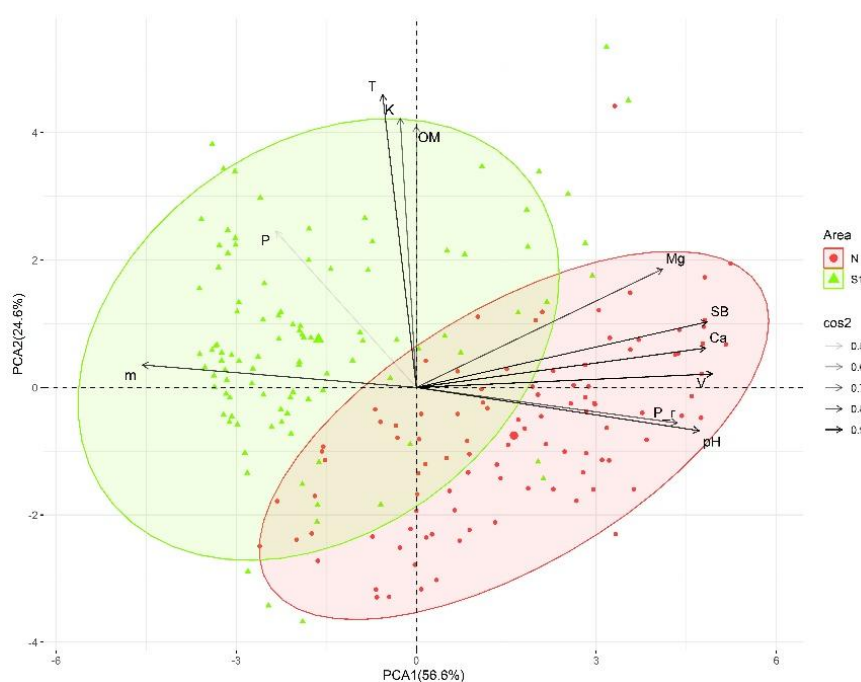


Figura 3 - Análise de componentes principais das relações com as variáveis químicas pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), matéria orgânica (OM), soma de bases (SB), porcentagem de saturação por alumínio (m), porcentagem de saturação por troca (V), capacidade de troca catiônica (T) e fósforo remanescente (P-r) entre as parcelas N e S1.

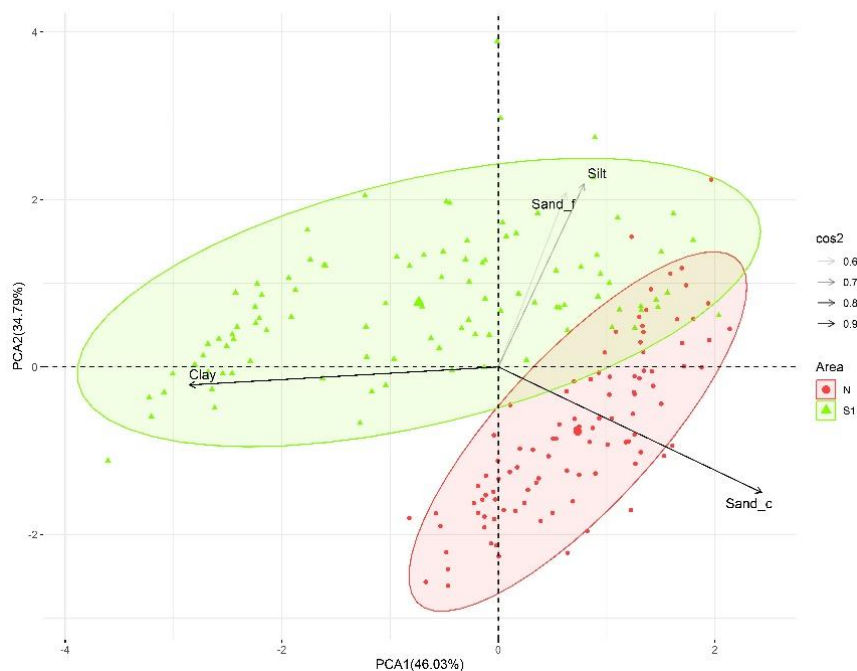


Figura 4 - Análise de componentes principais das relações com as variáveis físicas areia fina (Sand_f), areia grossa (Sand_c), teor de argila (Clay) e silte (Silt) entre as parcelas N e S1.

As análises feitas com cada variável edáfica mostraram diferenças significativas entre as parcelas S1 e N. Para a variável argila (Wilcoxon, $p = 9.8 \times 10^{-11}$) e alumínio (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$), os valores médios na parcela S1 são superiores. Enquanto as variáveis cálcio (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$), areia grossa (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$), fósforo residual (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$), magnésio (Wilcoxon, $p = 2.2 \times 10^{-6}$), pH (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$), saturação de bases (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$) e soma de bases (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$) apresentam concentrações médias significativamente maiores na parcela N. Para o número de indivíduos de *Sorocea bonplandii*, a área S1 apresenta valores médios mais elevados (Wilcoxon, $p < 2.2 \times 10^{-16}$), indicando maior incidência dessa espécie nesse local.

Dinâmica populacional da Sorocea bonplandii

Os resultados indicaram diferenças significativas na variável de crescimento bruto da parcela N entre os intervalos de tempo (Friedman, $p < 2,2 \times 10^{-16}$), sendo que T1 e T2 não apresentaram diferenças entre elas, o crescimento varia ao longo do tempo, com notório aumento nos últimos anos (Figura 5, e). Para valores brutos de mortalidade e sobrevivência, apenas T4 difere dos demais (Figura 5, b, f). O resultado do recrutamento bruto indica diferenças significativas de T3 e T4 em comparação com T1 e T2.

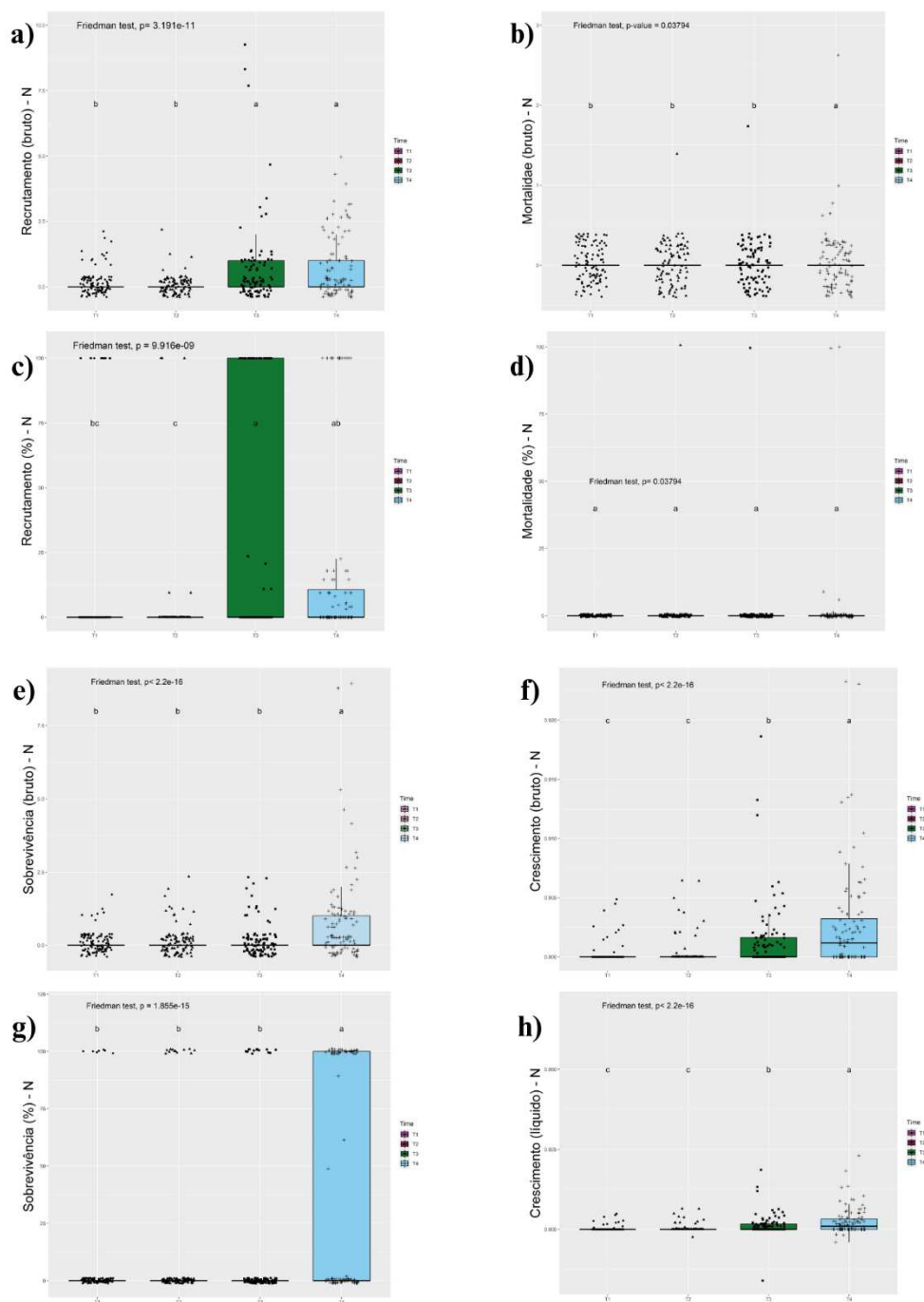


Figura 5 – Dinâmica populacional de *S. bonplandii* da parcela N. Variação dos valores brutos e de taxas de recrutamento, mortalidade, sobrevivência e crescimento nos intervalos de tempo: T1(1993 - 2004), T2(2004 - 2011), T3(2011 - 2017) e T4(2017 - 2024).

Para a parcela S1 o crescimento bruto do T5 foi o único que apresentou diferença significativa entre os demais intervalos de tempo, já o crescimento líquido demonstrou que T5 e T1, apesar de não manifestar diferença entre eles, se diferem de T2, T3 e T4, e T2 com T4 também são diferentes (Figura 6, f, h). Os valores brutos de mortalidade mostraram que T1, T3, T4 e T5 possuem diferenças significativas quando comparados par a par, em T4 e T5 os valores

são maiores já T1 e T2, T2 e T3 não de diferem (Figura 6, b). A sobrevivência bruta não demonstrou diferença significativa entre os intervalos de T3 e T4, mas eles são significativos entre os demais tempos, por exemplo, no T5 o número de sobreviventes é notoriamente maior que os demais (Figura 6, e). Por fim, os testes com os valores brutos de recrutamento mostram diferenças entre os tempos, com exceção de T2 e T3, e no T4 observamos um número maior de recrutas em comparação aos outros (Figura 6, a). Os valores de taxa para cada métrica de dinâmica, também apresentaram diferenças entre os intervalos e um crescimento ao longo dos anos (Figura 6).

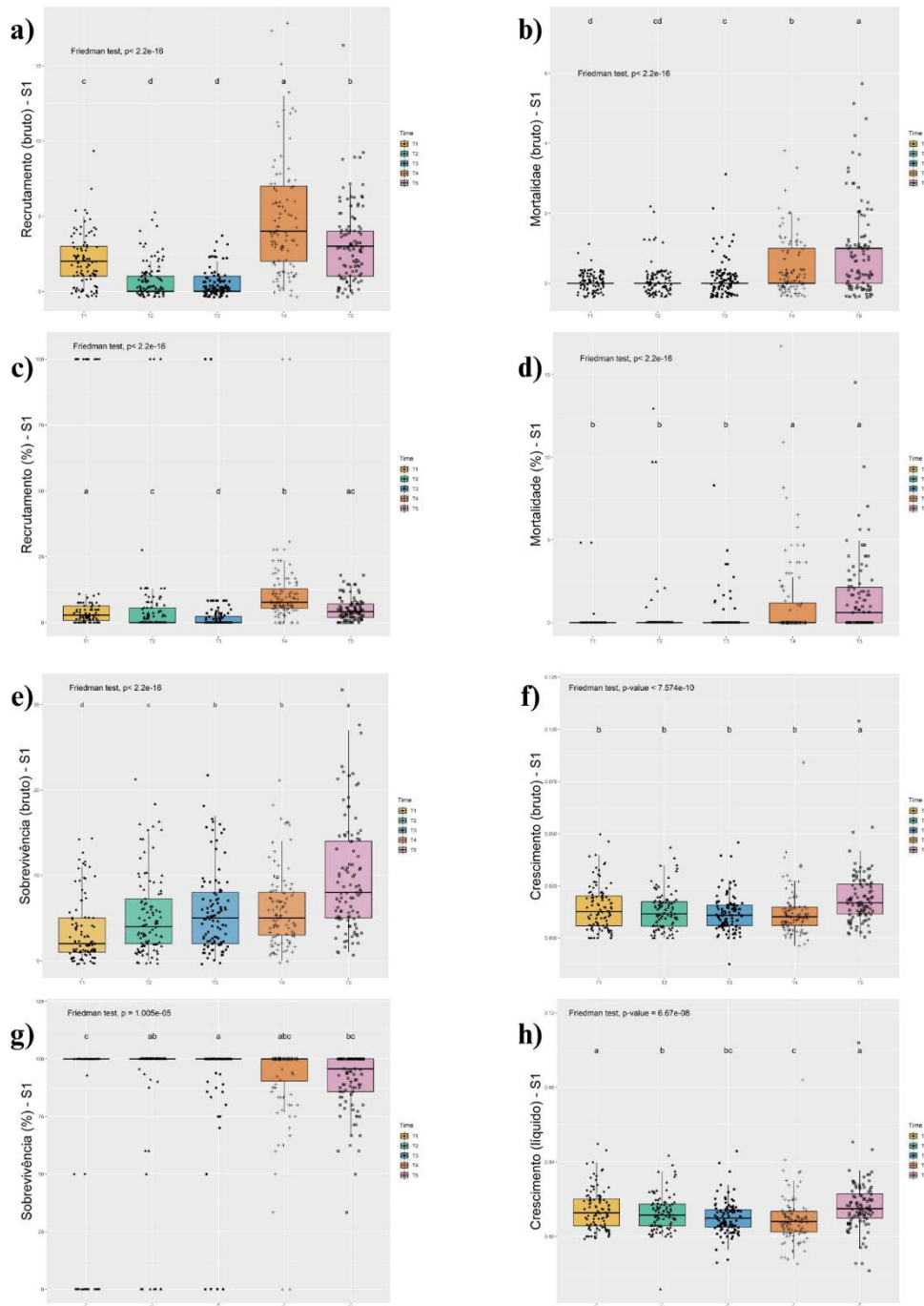


Figura 6 – Dinâmica populacional de *S. bonplandii* da parcela S1. Variação dos valores brutos e de taxas das métricas recrutamento, mortalidade, sobrevivência e crescimento nos intervalos de tempo: T1(1984 - 1998), T2(1998 - 2003), T3(2003 - 2011), T4(2011 - 2017), T5(2017 - 2024).

Relação ecológica entre a espécie e variáveis ambientais

Os modelos com valores brutos mostraram que na parcela S1 observou-se que a argila (Clay) apresentou uma relação negativa ($p = 0,028$) com o número de indivíduos, em que o modelo explicou em 7% das variações dos dados. A soma de bases (SB) ($p < 0,001$) junto com a argila ($p = 0,017$) explicaram significativamente a variação do recrutamento da parcela S1, sendo uma relação positiva. Enquanto a sobrevivência não apresentou associação com essas variáveis, a mortalidade mostrou-se mais relacionada positivamente com a declividade ($p = 0,023$) explicando 8% (Tabela 1). Os cálculos de regressão para os valores de taxa das métricas de dinâmica foram apenas significativos para recrutamento, em que argila ($p = 0,047$) e soma de bases ($p < 0,001$) apresentando relação positiva com o recrutamento da espécie (Tabela 2).

Na parcela N, Slope ($p = 0,001$) apresentou uma relação positiva e SB ($p < 0,001$) apresentou relação negativa com recrutamento bruto. A variável SB ($p = 0,005$) mostrou uma relação negativa e Clay ($p = 0,040$) positiva, explicando 38,2% da sobrevivência. Slope ($p = 0,014$) e Clay ($p = 0,004$) explicam 43% do número de indivíduos, apresentando uma relação positiva. A mortalidade não apresentou uma variável significativa (Tabela 3). Os valores de taxa, da parcela N, apenas taxa de sobrevivência apresentou modelo significativos, em que argila ($p = 0,042$) foi o único variável que apresentou relação com a taxa de sobrevivência, sendo que o modelo explicou 24,4% da sobrevivência (Tabela 4).

Tabela 1 – Relação entre as métricas de dinâmica em seus valores brutos (recrutamento, sobrevivência e mortalidade) e número de indivíduos com as variáveis ambientais declividade (Slope), soma de bases (SB), argila (Clay) e pH de acordo com as análises do modelo linear generalizado (GLM). Os números destacados são os que apresentaram resultados significativos do p-valor (*p*) para parcela S1.

| <i>Predictors</i> | Recrutamento (bruto) | | | Sobrevivência (bruto) | | | Mortalidade (bruto) | | | N° de indivíduos | | |
|---------------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|--------------|------------------|---------------------|--------------|--------------|------------------|---------------|------------------|
| | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> |
| (Intercept) | 1.12 | 0.97 – 1.26 | <0.001 | 2.27 | 2.15 – 2.40 | <0.001 | -0.09 | -0.36 – 0.17 | 0.503 | 2.56 | 2.46 – 2.67 | <0.001 |
| Slope | -0.05 | -0.19 – 0.10 | 0.539 | 0.07 | -0.06 – 0.20 | 0.290 | 0.32 | 0.04 – 0.62 | 0.023 | 0.02 | -0.09 – 0.13 | 0.745 |
| SB | 0.40 | 0.22 – 0.58 | <0.001 | -0.14 | -0.29 – 0.00 | 0.060 | -0.03 | -0.34 – 0.28 | 0.850 | -0.04 | -0.23 – 0.14 | 0.655 |
| Clay | 0.24 | 0.05 – 0.44 | 0.017 | -0.12 | -0.27 – 0.03 | 0.122 | -0.07 | -0.38 – 0.25 | 0.670 | -0.14 | -0.28 – -0.01 | 0.028 |
| pH | | | | | | | | | | -0.04 | -0.23 – 0.16 | 0.719 |
| R ² Nagelkerke | | 0.255 | | | 0.083 | | | 0.083 | | | 0.075 | |

Tabela 2 – Relação entre a taxa de recrutamento e as variáveis ambientais declividade (Slope), soma de bases (SB) e argila (Clay) de acordo com as análises do modelo linear generalizado (GLM). Os números destacados são os que apresentaram resultados significativos do p-valor (*p*) para parcela S1.

| Recrutamento (taxa) | | | |
|----------------------------|------------------|--------------|------------------|
| <i>Predictors</i> | <i>Estimates</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> |
| (Intercept) | 5.00 | 4.23 – 5.78 | <0.001 |
| Slope | -0.11 | -0.90 – 0.69 | 0.795 |
| SB | 2.16 | 1.23 – 3.08 | <0.001 |
| Clay | 0.95 | 0.01 – 1.89 | 0.047 |
| R ² Nagelkerke | 0.185 | | |

Tabela 3 – Relação entre as métricas de dinâmica em seus valores brutos (recrutamento, sobrevivência e mortalidade) e número de indivíduos com as variáveis ambientais declividade (Slope), soma de bases (SB), argila (Clay) e pH de acordo com as análises do modelo linear generalizado (GLM). Os números destacados são os que apresentaram resultados significativos do p-valor (p) para parcela N.

| <i>Predictors</i> | Recrutamento (bruto) | | | Sobrevivência (bruto) | | | Mortalidade (bruto) | | | Nº de indivíduos | | |
|---------------------------|-----------------------------|---------------|------------------|------------------------------|---------------|--------------|----------------------------|---------------|------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> | <i>Log-Mean</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> |
| (Intercept) | -0.46 | -0.77 – -0.18 | 0.002 | -0.47 | -0.80 – -0.16 | 0.004 | -3.09 | -4.49 – -2.06 | <0.001 | 0.21 | -0.05 – 0.46 | 0.109 |
| Slope | 0.44 | 0.16 – 0.73 | 0.002 | 0.27 | -0.04 – 0.59 | 0.100 | 0.32 | -0.95 – 1.58 | 0.575 | 0.29 | 0.05 – 0.53 | 0.014 |
| SB | -0.63 | -0.91 – -0.36 | <0.001 | -0.46 | -0.77 – -0.16 | 0.005 | -0.69 | -1.74 – 0.25 | 0.210 | -0.35 | -0.81 – 0.10 | 0.140 |
| Clay | -0.05 | -0.36 – 0.26 | 0.769 | 0.34 | 0.03 – 0.67 | 0.040 | 0.32 | -0.81 – 1.57 | 0.561 | 0.42 | 0.14 – 0.70 | 0.004 |
| pH | | | | | | | | | | 0.01 | -0.50 – 0.51 | 0.982 |
| R ² Nagelkerke | | 0.353 | | | 0.382 | | | 0.184 | | | 0.430 | |

Tabela 4 – Relação entre a taxa de sobrevivência e as variáveis ambientais declividade (Slope), soma de bases (SB) e argila (Clay) de acordo com as análises do modelo linear generalizado (GLM). Os números destacados são os que apresentaram resultados significativos do p-valor (*p*) para parcela N.

| Sobrevivência (taxa) | | | |
|-----------------------------|-----------------|--------------|--------------|
| <i>Predictors</i> | <i>Log-Odds</i> | <i>CI</i> | <i>p</i> |
| (Intercept) | -0.37 | -0.82 – 0.06 | 0.098 |
| Slope | 0.25 | -0.27 – 0.76 | 0.338 |
| SB | -0.45 | -1.00 – 0.07 | 0.097 |
| Clay | 0.62 | 0.05 – 1.26 | 0.042 |
| R ² Nagelkerke | 0.244 | | |

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam que a dinâmica populacional de *Sorocea bonplandii* está fortemente influenciada pelas variáveis ambientais edáficas e topográficas. Apesar de nossa hipótese não ter sido confirmada, identificamos que fatores edáficos como disponibilidade de nutrientes e textura do solo desempenham um papel importante na manutenção e estabelecimento da espécie, destacando a importância do solo na dinâmica populacional. As taxas das métricas de dinâmica mostraram a mesma tendência ao longo dos diferentes tempos, sugerindo que houve mudanças significativas nos intervalos, ressaltando que com o passar dos anos a população de *S. bonplandii* aumentou e está estabelecida nas parcelas N e S1.

Como é visto nas parcelas N e S1, que possuem diferenças ambientais, principalmente quando analisadas as variáveis bióticas. A topografia apresenta uma heterogeneidade que explica o aumento na riqueza de espécies nessas áreas, como na parcela N que apresenta mais espécies e maior heterogeneidade (Rodrigues; Villa; Neri, 2019). Visto que a distribuição de recursos é afetada pela topografia, solos mais heterogêneos possuem uma distribuição variada, favorecendo a alta fertilidade (Jucker et al., 2018). Nossas análises corroboram com a diferenciação entre as parcelas, mostrando que além da topografia, a composição química e física do solo difere nessas regiões. A parcela S1 apresentou maior teor de alumínio no solo, o que pode interferir na disposição de outros nutrientes para as árvores, já os componentes químicos associados a elementos básicos tiveram maior concentração na parcela N.

Dinâmica populacional

Nos dois fragmentos observamos um aumento no número do recrutamento, sobrevivência e crescimento nos anos mais atuais, de 2011 a 2024, mas na parcela S1 é mais evidente a dominância de *Sorocea bonplandii*. O recrutamento e crescimento são métricas relacionadas ao histórico do uso da terra e importantes para compreender o processo de sucessão em uma floresta (Torres et al., 2023). O efeito do histórico de uso da terra nos fragmentos analisados (parcelas N e S1) interferem no processo de sucessão da vegetação, essas perturbações alteram a composição do solo em diferentes níveis e podem induzir a uma diferenciação dos habitats (Torres et al., 2023). São espécies com rápido crescimento e dependentes do sol que dominam o início da sucessão de uma área que sofreu perturbações, mas em florestas em estágios avançados de restauração as espécies de sombra acabam apresentando maior abundância, como a *S. bonplandii* (Teixeira et al., 2020). A mortalidade, mesmo que não apresente variações ao longo dos anos para a população estudada, é bem

caracterizada em regiões com maior incidência de eventos de seca que causam anos de déficit hídrico (Rocha et al., 2020). Portanto, estudos com análise temporal mais longa estão susceptíveis a mudanças temporais e a eventos variados que dificultam a interpretação da taxa de mortalidade (Lewis et al., 2004).

Os resultados observados neste estudo refletem um padrão frequentemente documentado em florestas tropicais, onde a elevada riqueza de espécies está associada à baixa dominância populacional de espécies arbóreas (Wright, 2002; Hubbell, 2001). Em comunidades altamente diversas, como as florestas estacionais da Mata Atlântica, a coexistência de múltiplas espécies resulta em uma intensa partilha de recursos, o que limita o crescimento excessivo e o domínio de uma única população (Hordijk et al., 2024). Esse mecanismo é sustentado tanto pela partição de nicho — na qual as espécies exploram diferentes micro-habitat, condições edáficas ou estratégias de uso de recursos (Chesson, 2000) — quanto por processos estocásticos, conforme proposto pela Teoria Neutra (Hubbell, 2001). No caso da *Sorocea bonplandii* sua dominância pode ser modulada pelo contexto ambiental ou pela alta diversidade da comunidade (Rodrigues; Villa; Neri, 2019). A forte competição por recursos, típica de ambientes biodiversos, tende a restringir o crescimento desproporcional de populações, favorecendo a manutenção do equilíbrio estrutural da floresta (Tilman, 1999). Adicionalmente, filtros ambientais, como maior teor de argila, saturação de bases e declividade, demonstraram atuar como condicionantes que favorecem localmente a abundância de *S. bonplandii*.

Nossos resultados reforçam que a dinâmica populacional de *S. bonplandii* é resultado da interação complexa entre fatores edáficos e topográficos, refletindo padrões típicos de florestas tropicais sazonais, onde a heterogeneidade ambiental desempenha um papel central na regulação da abundância e distribuição das espécies (Rodrigues et al., 2020b). A influência significativa de atributos como teor de argila, soma de bases e declividade destaca a importância dos filtros ambientais na modulação dos processos de recrutamento, crescimento e sobrevivência, além de evidenciar que a dominância local da espécie não se dá apenas pela disponibilidade de recursos, mas também por características físicas do ambiente que favorecem sua persistência. Esses achados não apenas corroboram teorias ecológicas sobre estruturação de comunidades, mas também trazem subsídios importantes para ações de conservação e manejo em ecossistemas fragmentados, especialmente frente às atuais ameaças de mudanças climáticas e degradação ambiental.

Relações ecológicas entre Sorocea bonplandii e variáveis ambientais

A parcela S1, caracterizada por solos com maior teor de argila e alumínio, demonstrou maior número de indivíduos, além de maiores taxas de recrutamento ao longo do período estudado, o que sugere uma preferência da espécie por condições edáficas específicas, possivelmente associadas a uma menor competição por recursos nestas áreas. Além disso, os resultados das análises de regressão evidenciam que a soma de bases e o teor de argila exercem papel significativo na explicação da variação do recrutamento e sobrevivência da espécie, reforçando o papel crucial do solo na determinação da distribuição e dinâmica populacional em fragmentos de Mata Atlântica (Zemunik; Davies; Turner, 2018). A declividade também se mostrou um fator relevante, especialmente na parcela N, onde foi positivamente associada ao recrutamento e sobrevivência, sugerindo que a topografia pode criar micro-habitats favoráveis para *S. bonplandii*, possivelmente por influenciar a disponibilidade de água e a estabilidade do solo (Silveira et al., 2019).

A associação positiva entre o teor de argila e o número de indivíduos na parcela S1 sugere que solos mais argilosos oferecem condições mais favoráveis para o estabelecimento e manutenção da população da espécie. Solos argilosos, geralmente, possuem maior capacidade de retenção de água e nutrientes (Brady & Weil, 2013), o que pode favorecer o recrutamento e o crescimento, especialmente em ambientes sujeitos a períodos sazonais de déficit hídrico, como é comum em florestas estacionais. Da mesma forma, a relação positiva observada entre a soma de bases (SB) e o recrutamento indica que, embora a hipótese inicial apontasse que *S. bonplandii* teria preferência por ambientes menos férteis, há uma interação mais complexa, onde a disponibilidade de certos nutrientes pode, sim, favorecer a regeneração da espécie em determinadas condições. Contudo, essa relação não é linear, visto que na parcela N — caracterizada por solos com maior fertilidade e menor teor de argila — observou-se menor abundância e recrutamento, mas uma relação positiva com a declividade, especialmente no recrutamento e no número de indivíduos.

O efeito da declividade na dinâmica populacional da espécie também é notável, especialmente na parcela N, onde essa variável explicou significativamente o recrutamento e a sobrevivência. A declividade influencia diretamente processos hidrológicos, como escoamento superficial, infiltração e retenção de umidade (Silveira et al., 2019b), além de afetar a deposição de matéria orgânica e nutrientes. Isso sugere que *S. bonplandii* pode se beneficiar de micro-habitats gerados por variações topográficas, que reduzem a competição e oferecem condições edáficas diferenciadas (Rodrigues et al., 2021). Apesar dessas associações, a ausência de

relação significativa entre mortalidade e as variáveis ambientais medidas, especialmente na parcela N, indica que outros fatores podem estar em jogo. Pressões bióticas, como competição intra e interespecífica, herbivoria, ou até distúrbios episódicos (queda de árvores, ventos, fogo), não foram avaliados, mas podem exercer influência decisiva sobre a mortalidade (Connell, 1978; Hubbell et al., 1999).

CONCLUSÃO

Este estudo evidencia que a dinâmica populacional de *Sorocea bonplandii* está fortemente condicionada por atributos ambientais, especialmente relacionados à topografia e às características físico-químicas do solo. A maior abundância e recrutamento da espécie em áreas com solos mais argilosos, maior teor de alumínio e maior declividade indicam que micro-habitat específicos favorecem seu estabelecimento e desenvolvimento. Por outro lado, a menor abundância em parcelas com maior fertilidade sugere que *S. bonplandii* responde a um equilíbrio complexo entre disponibilidade de recursos, competição e condições físicas do ambiente. Além disso, nossos resultados reforçam que a heterogeneidade ambiental exerce papel fundamental na estruturação das comunidades florestais, influenciando tanto os padrões de distribuição das espécies quanto os processos de recrutamento, crescimento e sobrevivência. A relação observada entre alta riqueza de espécies e baixa dominância populacional corrobora os padrões ecológicos descritos para florestas tropicais, onde a diversidade é mantida por um conjunto de filtros ambientais, interações bióticas e processos estocásticos. Diante desses achados, fica evidente a importância de considerar variáveis edáficas e topográficas em estratégias de conservação e manejo florestal, especialmente em cenários de fragmentação e mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ALI, Arshad. Biodiversity–ecosystem functioning research: Brief history, major trends and perspectives. **Biological Conservation**, v. 285, p. 110210, set. 2023.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.

APPOLINÁRIO, Vivette; OLIVEIRA FILHO, Ary T.; GUILHERME, Frederico A. G. Tree population and community dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 2, p. 347–360, jun. 2005.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. **Éspecies Arbóreas Brasileiras**. [S.l.]: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

CLARK, David B.; CLARK, Deborah A.; READ, Jane M. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. **Journal of Ecology**, v. 86, n. 1, p. 101–112, jan. 1998.

DE LIMA, Renato A. F. *et al.* Comprehensive conservation assessments reveal high extinction risks across Atlantic Forest trees. **Science**, v. 383, n. 6679, p. 219–225, 12 jan. 2024.

DE PAULA, Alessandro; DA SILVA, Alexandre F.; DE SOUZA, Agostinho L. ALTERAÇÕES FLORÍSTICAS OCORRIDAS NUM PERÍODO DE QUATORZE ANOS NA VEGETAÇÃO ARBÓREA DE UMA FLORESTA ESTACIONAL. [S.d.].

Desmatamento na Mata Atlântica cai no primeiro semestre, mas meta de zerar a perda de cobertura florestal, embora viável, ainda é desafio | SOS Mata Atlântica. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/noticias/desmatamento-na-mata-atlantica-cai-no-primeiro-semester-mas-meta-de-zerar-a-perda-de-cobertura-florestal-embora-viavel-ainda-e-desafio>>. Acesso em: 4 jun. 2025.

DINIZ, Écio Souza. DINÂMICA DE UMA FLORESTA ATLÂNTICA SEMIDECÍDUA. 2013.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11–15, 2016.

ELMQVIST, Thomas *et al.* (ORGS.). **Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013.

FERREIRA-JÚNIOR, W. G. *et al.* INFLUENCE OF SOILS AND TOPOGRAPHIC GRADIENTS ON TREE SPECIES DISTRIBUTION IN A BRAZILIAN ATLANTIC TROPICAL SEMIDECIDUOUS FOREST. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p. 137–157, 4 jul. 2007.

FINE, P. V. A., Daly, D. C., Munoz, G. V., Mesones, I., & Cameron, K. M. (2004). The contribution of edaphic heterogeneity to the evolution and diversity of Burseraceae trees in the western Amazon. **Evolution**, 58(7), 1464–1478.

Flora do Brasil. (2024). *Sorocea bonplandii* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>

GOMES, Lhoraynne Pereira. **Phylogenetic and functional community structure of trees in a seasonal tropical forest**. Doutor em Botânica—Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 25 out. 2023.

HARMS, K. E., Condit, R., Hubbell, S. P., & Foster, R. B. (2001). Habitat associations of trees and shrubs in a 50-ha neotropical forest plot. **Journal of Ecology**, 89(6), 947–959.

Hartig F (2024). `_DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models_`. R package version 0.4.7, <<https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>>.

HORDIJK, Iris *et al.* Dominance and rarity in tree communities across the globe: Patterns, predictors and threats. **Global Ecology and Biogeography**, v. 33, n. 10, p. e13889, out. 2024.

JOHN, R., Dalling, J. W., Harms, K. E., *et al.* (2007). Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 104(3), 864–869.

JUCKER, Tommaso *et al.* Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes. **Ecology Letters**, v. 21, n. 7, p. 989–1000, jul. 2018.

Kassambara A (2023). *_ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots_*. R package version 0.6.0, <<https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>>.

LEWIS, Simon L. *et al.* Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. **Journal of Ecology**, v. 92, n. 6, p. 929–944, dez. 2004.

Lüdecke et al., (2021). performance: An R Package for Assessment, Comparison and Testing of Statistical Models. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3139. <https://doi.org/10.21105/joss.03139>

R Core Team (2024). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

ROCHA, Samuel José Silva Soares Da *et al.* Drought effects on carbon dynamics of trees in a secondary Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 465, p. 118097, jun. 2020.

RODRIGUES, Alice Cristina *et al.* Effects of topographic variability and forest attributes on fine-scale soil fertility in late-secondary succession of Atlantic Forest. **Ecological Processes**, v. 10, n. 1, p. 62, dez. 2021.

RODRIGUES, Alice Cristina; VILLA, Pedro Manuel; NERI, Andreza Viana. Fine-scale topography shape richness, community composition, stem and biomass hyperdominant species in Brazilian Atlantic forest. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 208–217, 2019.

RUSCHEL, A. R.; NODARI, R. O.; MOERSCHBACHER, B. M. The Genetic Structure of *Sorocea bonplandii* in Southern Brazilian Forest Fragments: AFLP Diversity. **Silvae Genetica**, v. 56, n. 1–6, p. 51–58, 1 dez. 2007.

SILVA, W. R., Gandolfi, S., & Rodrigues, R. R. (2015). Traits influencing seed dispersal and seedling recruitment in tropical tree species. **Forest Ecology and Management**, 338, 1–9.

Schloerke B, Cook D, Larmarange J, Briatte F, Marbach M, Thoen E, Elberg A, Crowley J (2024). `_GGally`: Extension to 'ggplot2'. R package version 2.2.1, <<https://CRAN.R-project.org/package=GGally>>.

SHEIL, Douglas; JENNINGS, Stephen; SAVILL, Peter. Long-Term Permanent Plot Observations of Vegetation Dynamics in Budongo, a Ugandan Rain Forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, n. 6, p. 765–800, 2000.

SOLLINS, Phillip. FACTORS INFLUENCING SPECIES COMPOSITION IN TROPICAL LOWLAND RAIN FOREST: DOES SOIL MATTER? **Ecology**, v. 79, n. 1, p. 23–30, jan. 1998.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, Diana; PUTZ, F. E. The Dynamics of Tree Populations in Tropical Forest: A Review. **Journal of Tropical Ecology**, v. 3, n. 4, p. 359–366, 1987.

TABARELLI, M., Pinto, L. P., Silva, J. M. C., Hirota, M., & Bedê, L. (2004). Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, 19(3), 695–700.

TEIXEIRA, Heitor Mancini *et al.* Linking vegetation and soil functions during secondary forest succession in the Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 457, p. 117696, fev. 2020.

TOLEDO, Marisol *et al.* Distribution patterns of tropical woody species in response to climatic and edaphic gradients. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 1, p. 253–263, jan. 2012.

TORRES, Carlos Moreira Miquelino Eleto *et al.* Drivers of tree demographic processes in forest fragments of the Brazilian Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 534, p. 120893, abr. 2023.

VANCINE, Maurício Humberto *et al.* The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 291, p. 110499, mar. 2024.

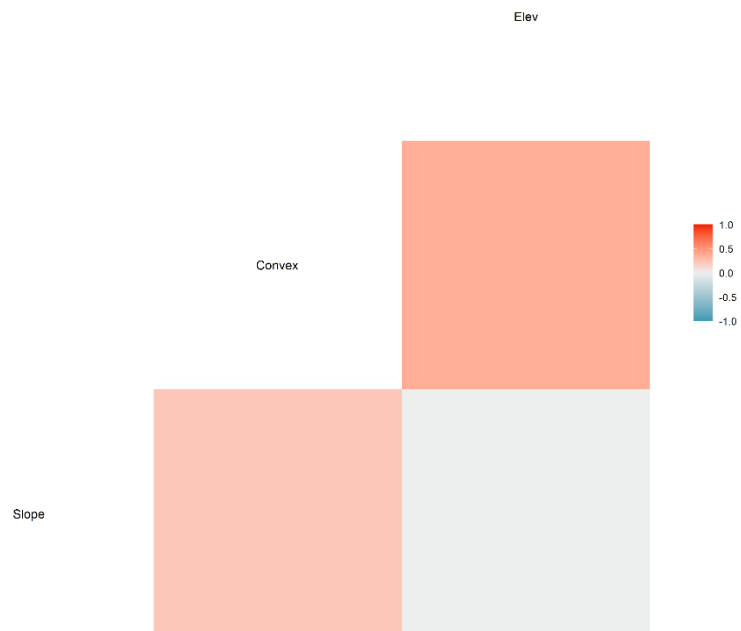
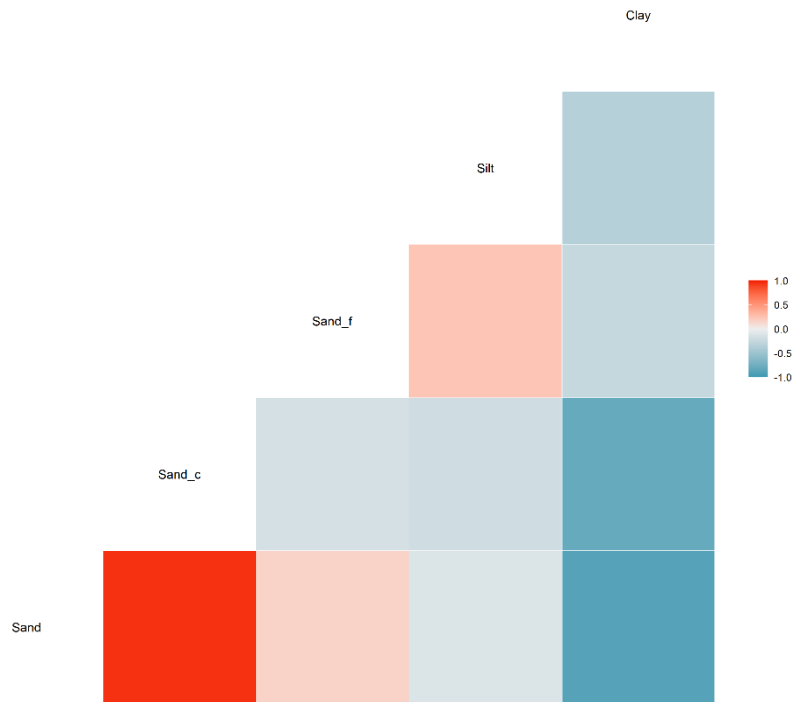
Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002) *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0

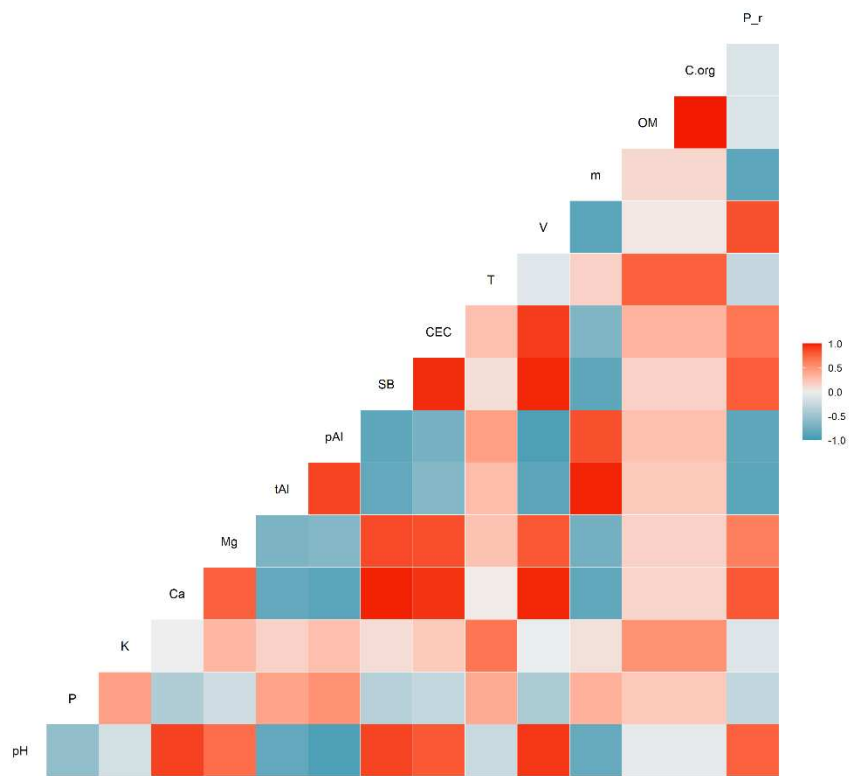
ZUIDEMA, Pieter A. *et al.* Tropical forests and global change: filling knowledge gaps. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 8, p. 413–419, ago. 2013.

ANEXOS

Anexo 1

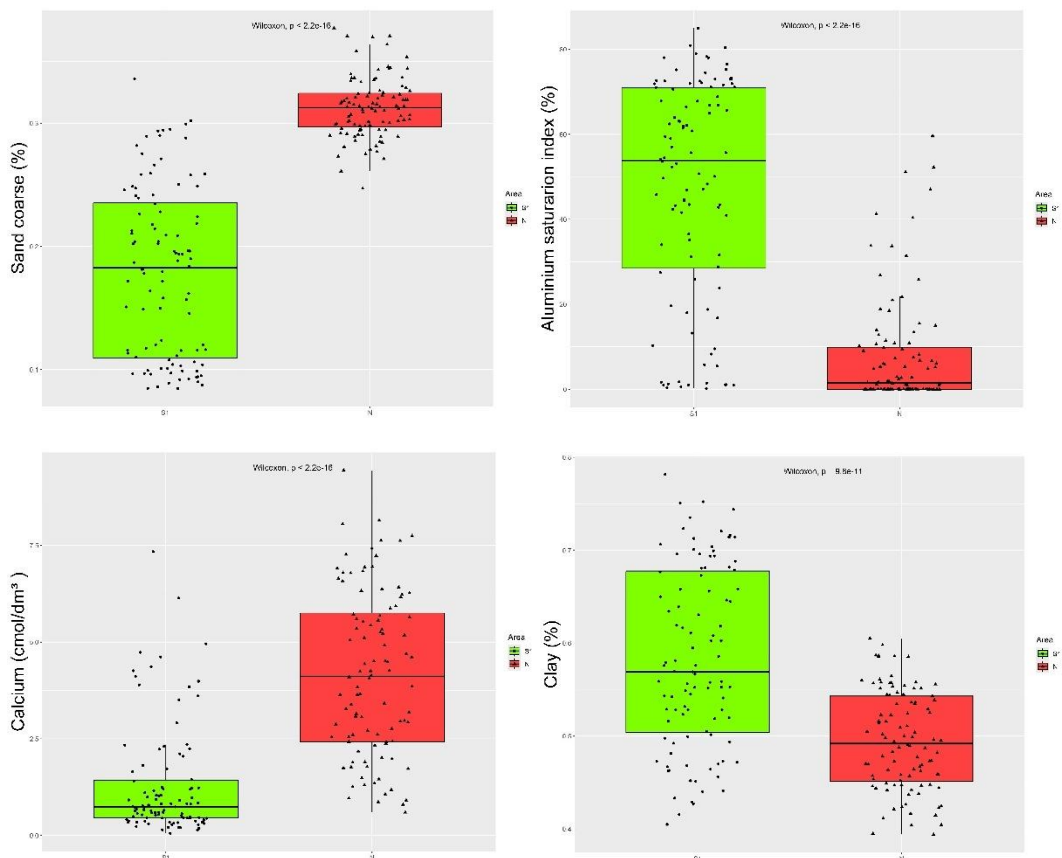
Resultado do teste de correlação entre as variáveis físicas, topográficas e químicas respectivamente:

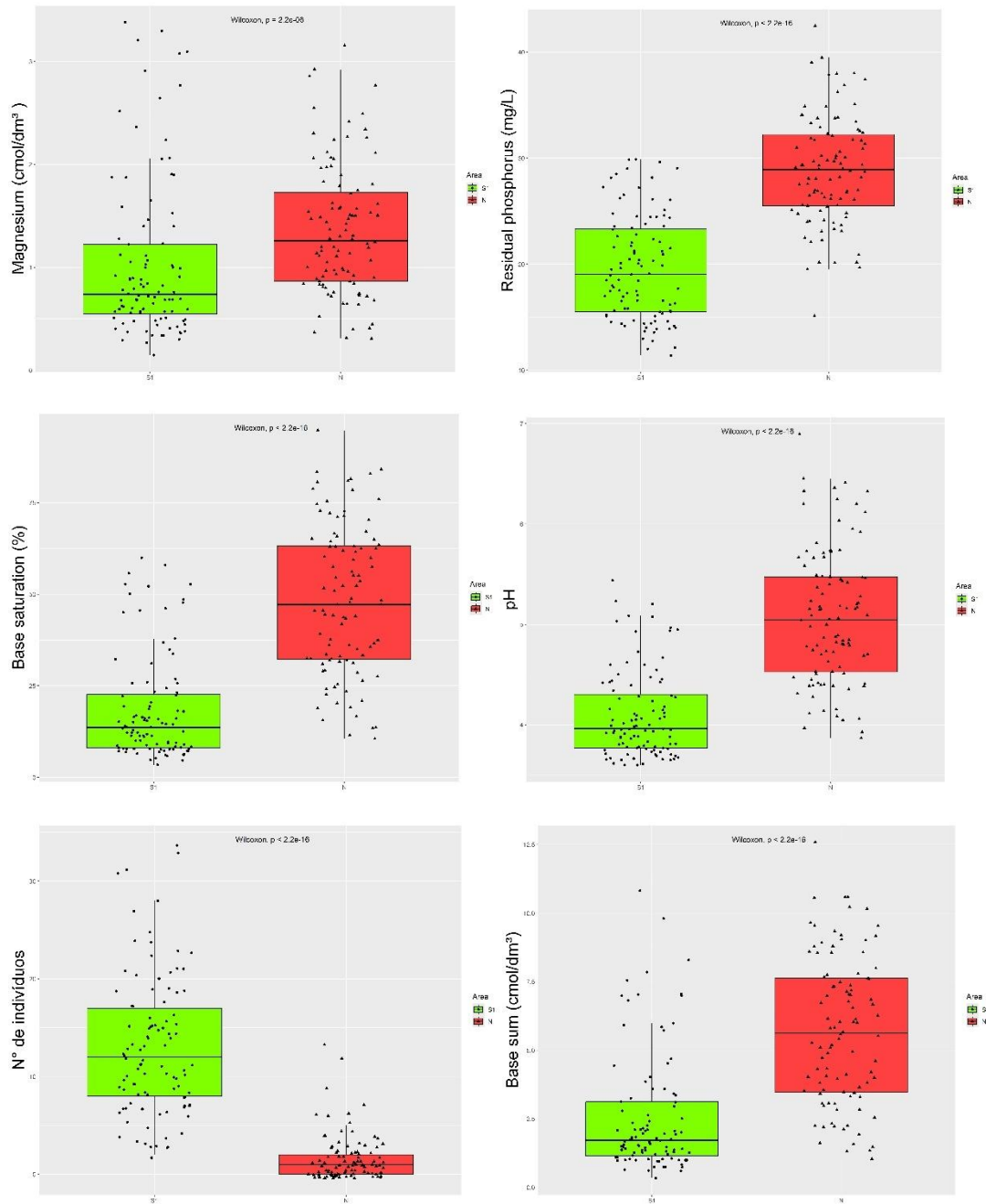




Anexo 2

Variáveis ambientais e número de indivíduos para cada parcela

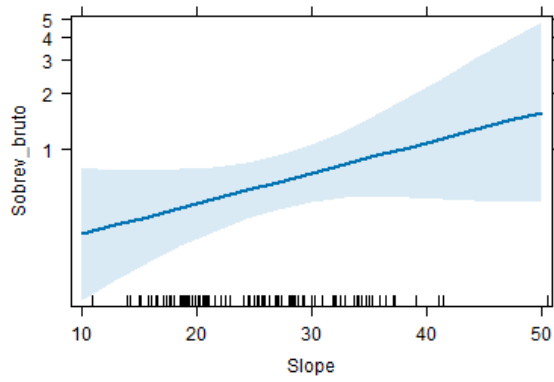




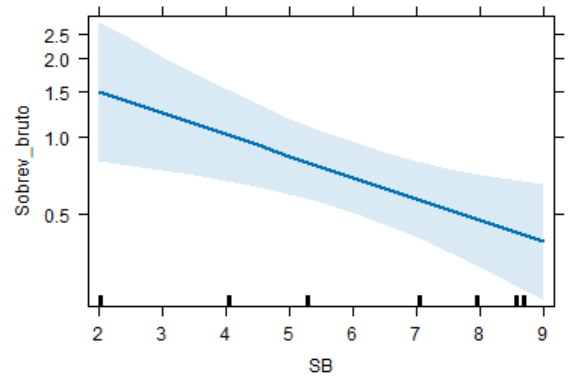
Anexo 3

Resultados gráficos do GLM para os efeitos das variáveis ambientais na abundância e dinâmica da *Sorocea bonplandii* na parcela N.

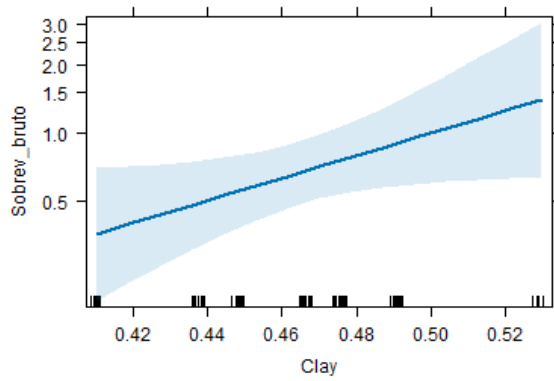
Sobrevivência (bruto) e variáveis - Parcela N



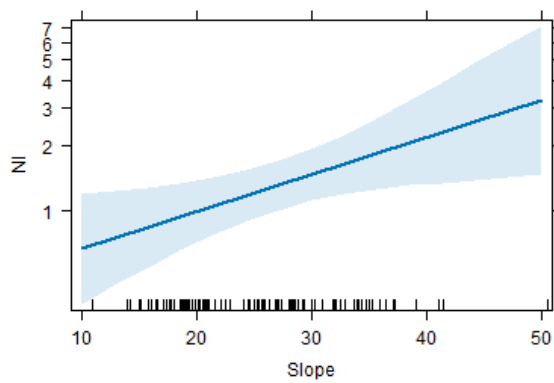
Sobrevivência (bruto) e variáveis - Parcela N



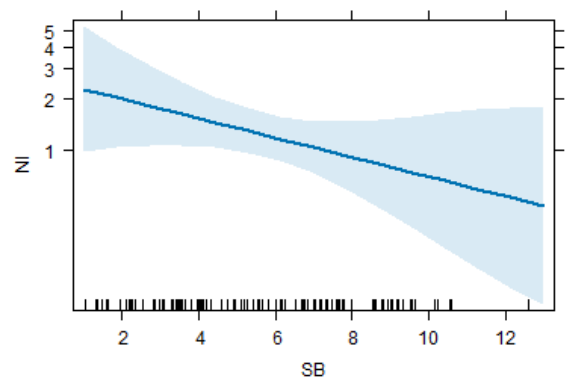
Sobrevivência (bruto) e variáveis - Parcela N



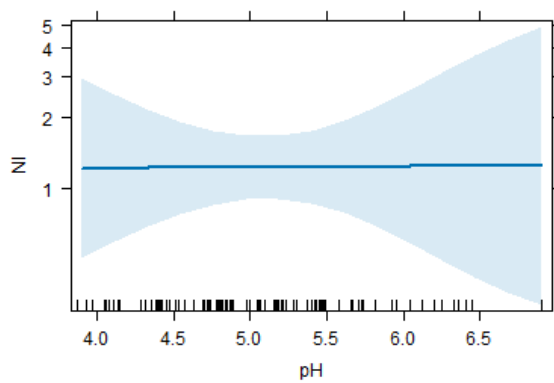
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela N



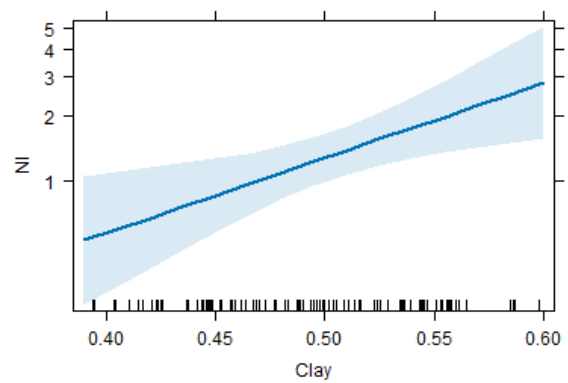
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela N



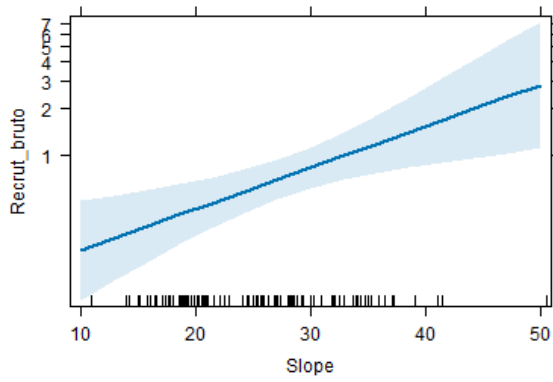
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela N



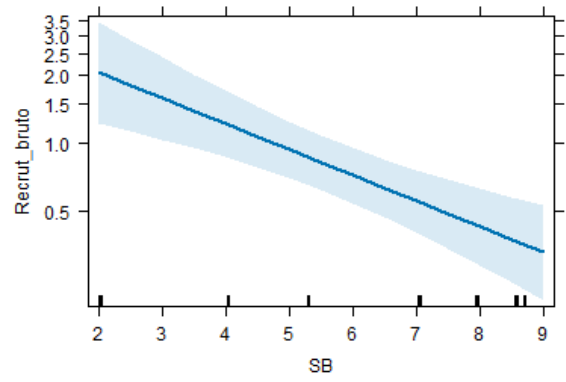
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela N



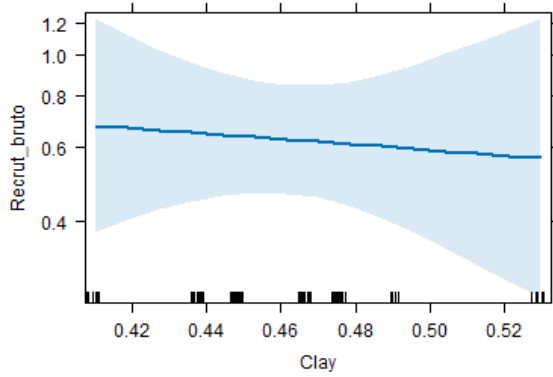
Recrutamento (bruto) e variáveis - Parcela N



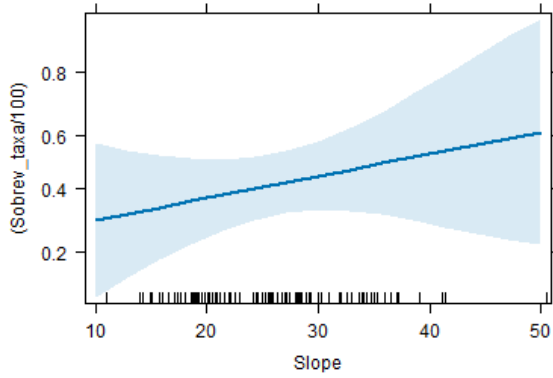
Recrutamento (bruto) e variáveis - Parcela N



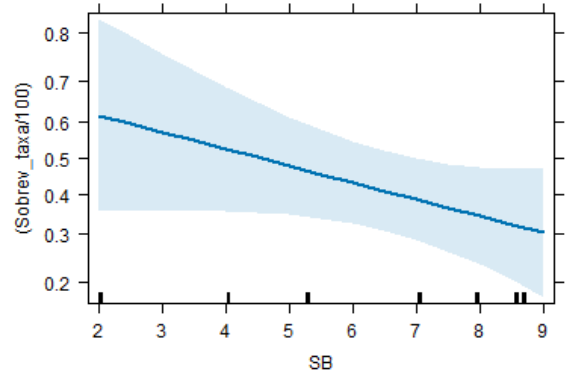
Recrutamento (bruto) e variáveis - Parcela N



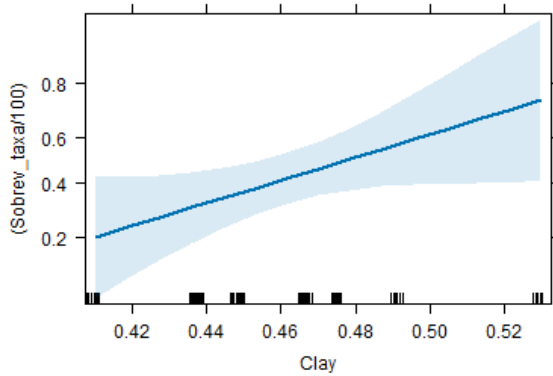
Sobrevivência (taxa) e variável - Parcela N



Sobrevivência (taxa) e variável - Parcela N

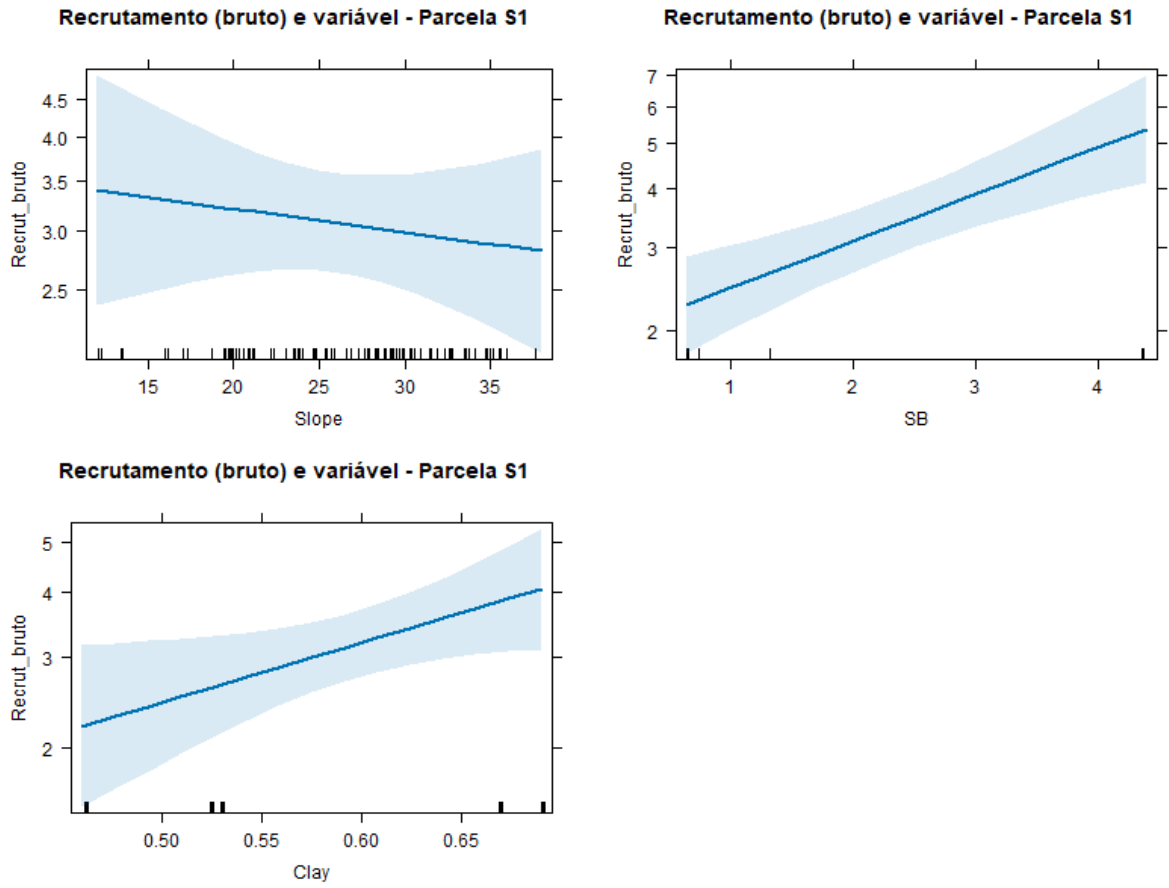


Sobrevivência (taxa) e variável - Parcela N

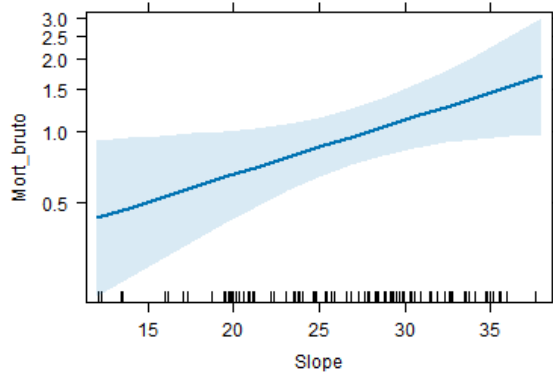


Anexo 4

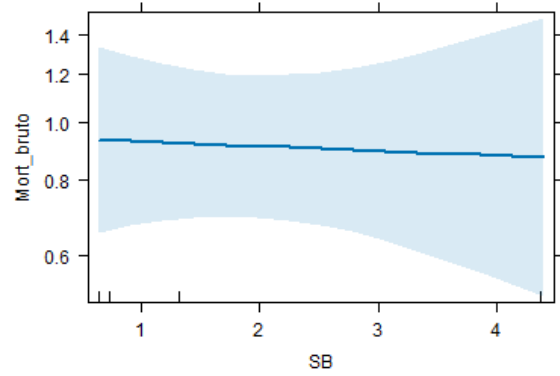
Resultados gráficos do GLM para os efeitos das variáveis ambientais na abundância e dinâmica da *Sorocea bonplandii* na parcela S1.



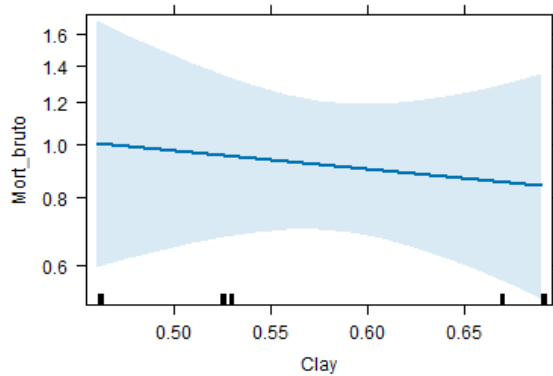
Mortalidade (bruto) e variável - Parcela S1



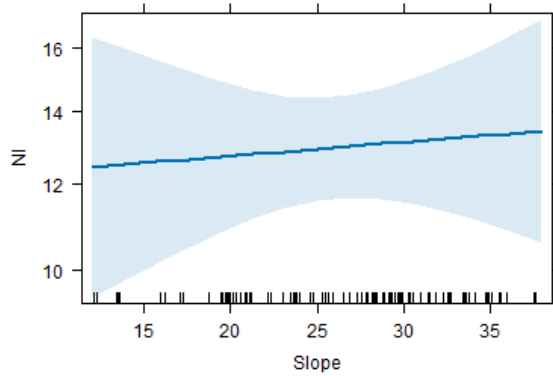
Mortalidade (bruto) e variável - Parcela S1



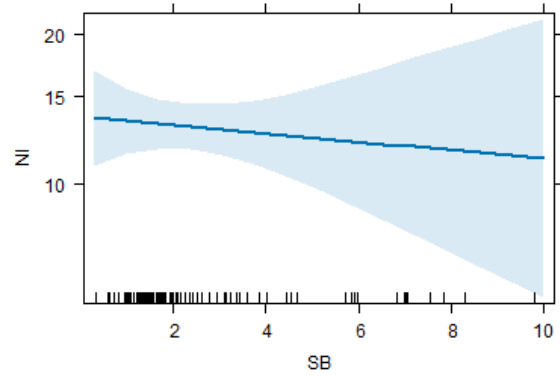
Mortalidade (bruto) e variável - Parcela S1



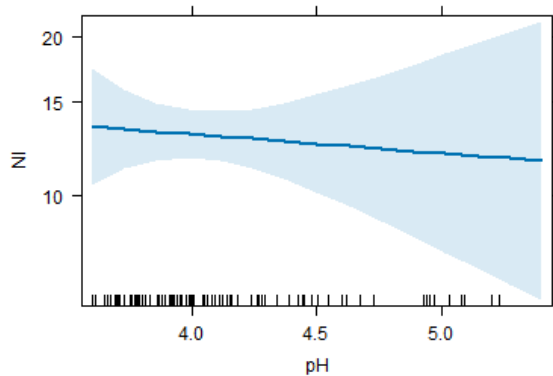
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela S1



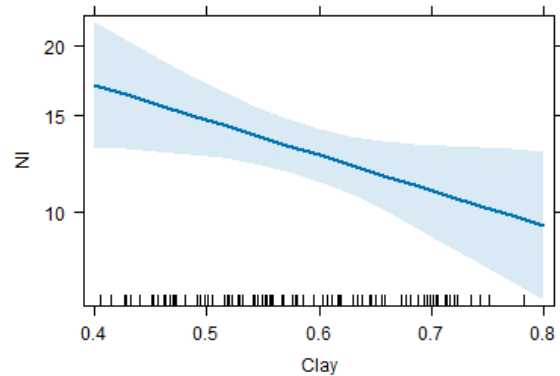
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela S1



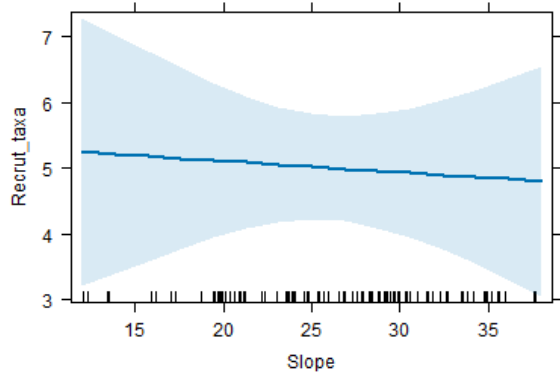
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela S1



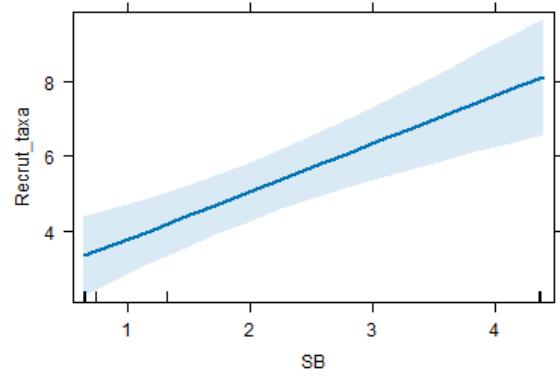
Nº de indivíduos e variáveis - Parcela S1



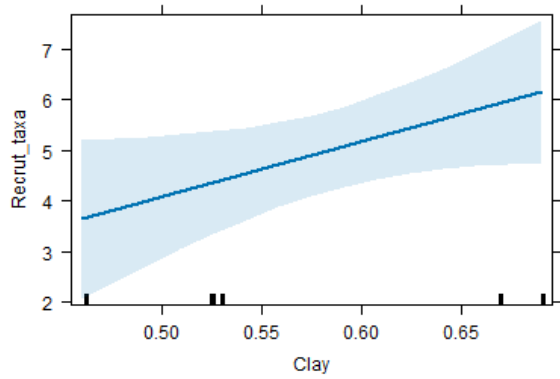
Recrutamento (Taxa) e variável - Parcela S1



Recrutamento (Taxa) e variável - Parcela S1

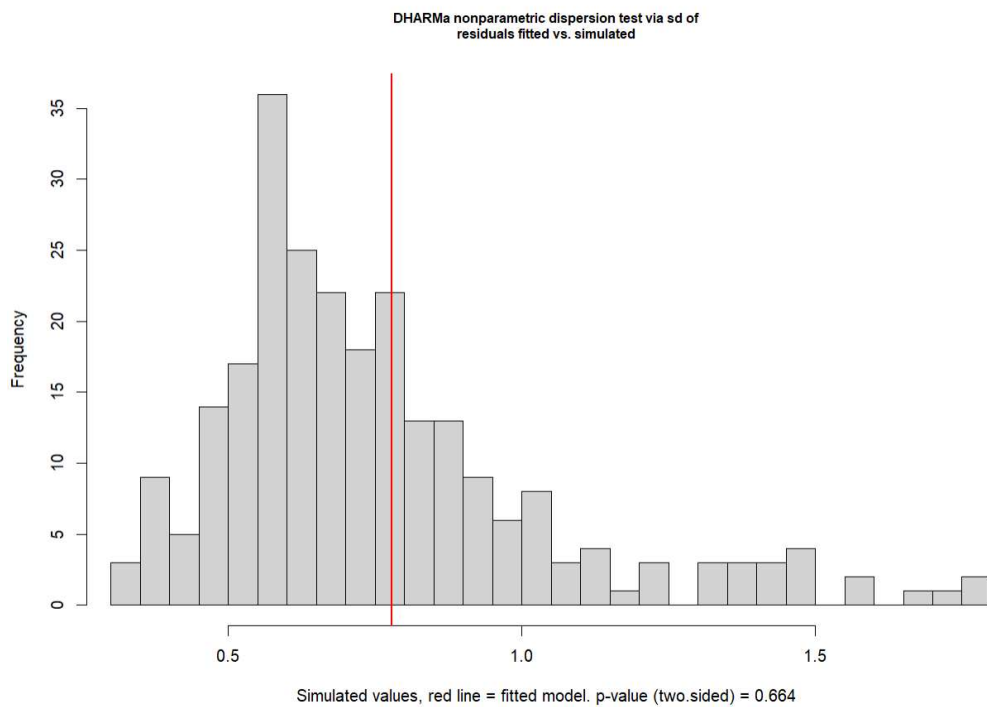


Recrutamento (Taxa) e variável - Parcela S1

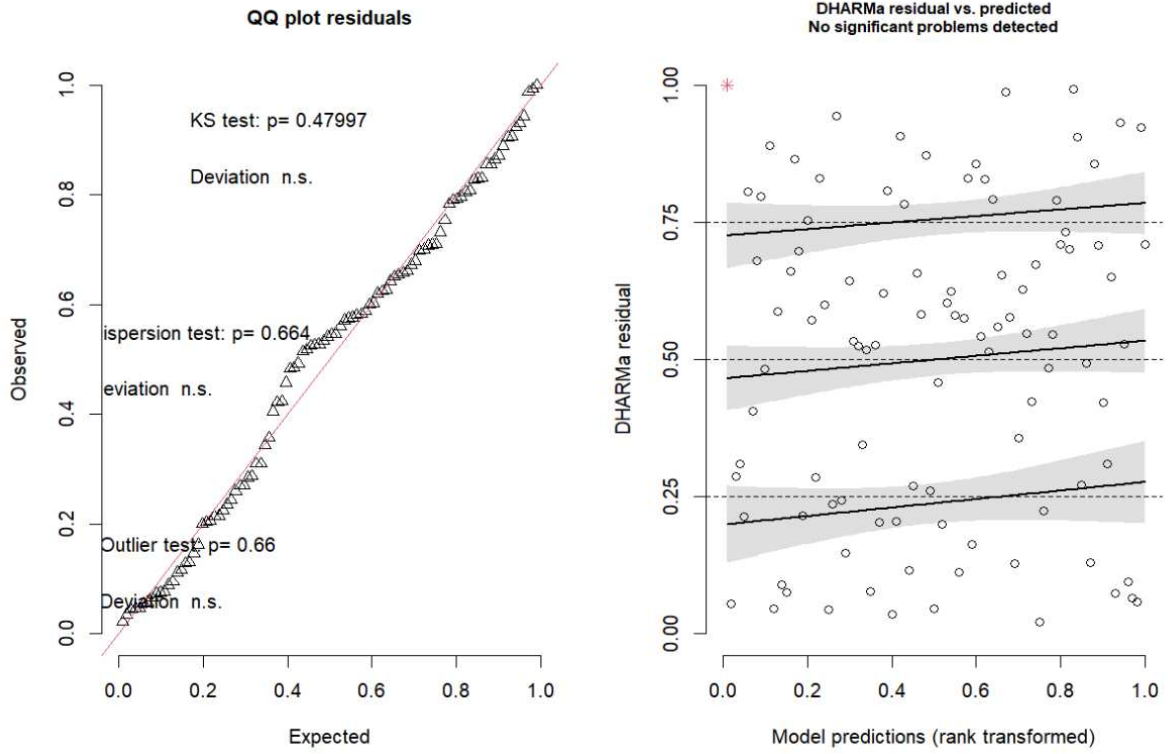


Anexo 5

Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de número de indivíduos, Slope, SB, pH e Clay na parcela N:

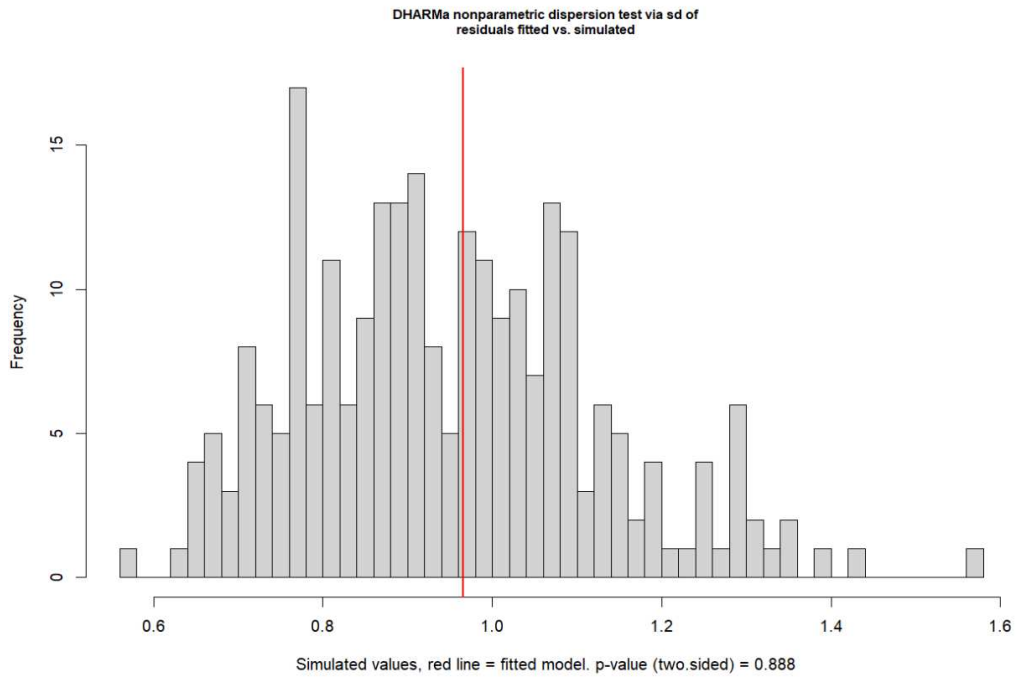


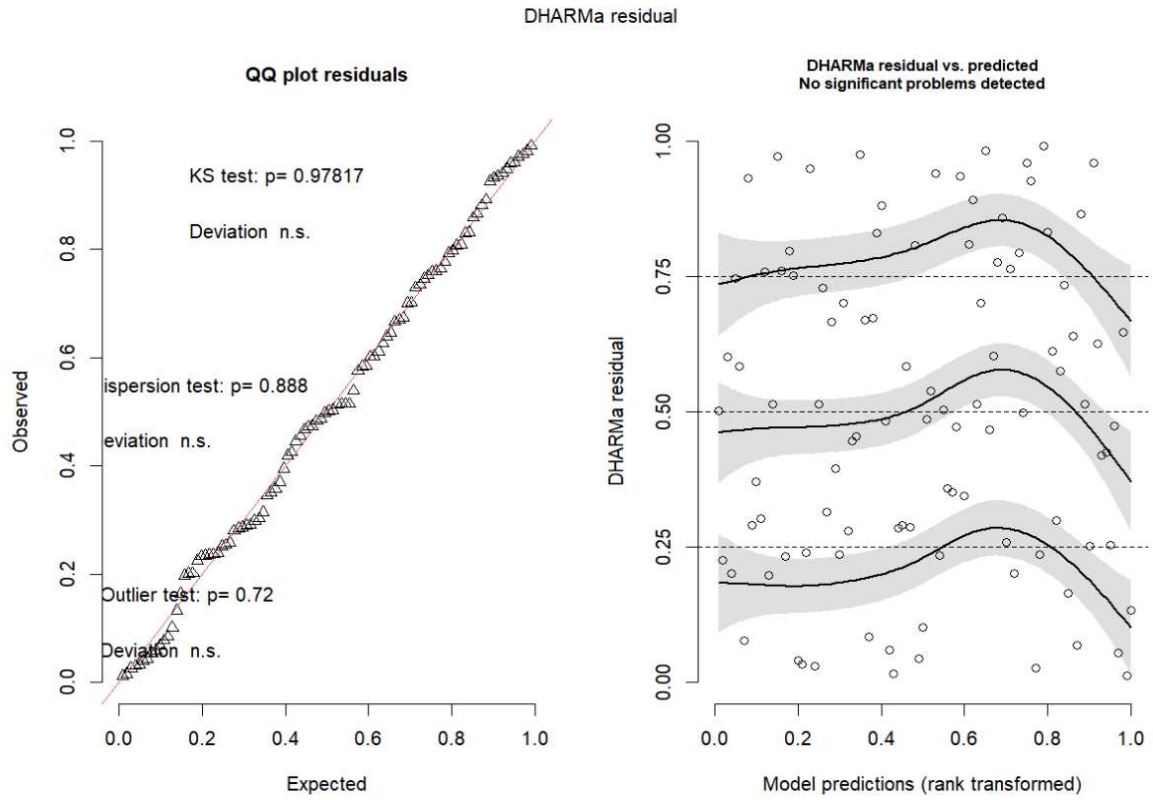
DHARMa residual



Anexo 6

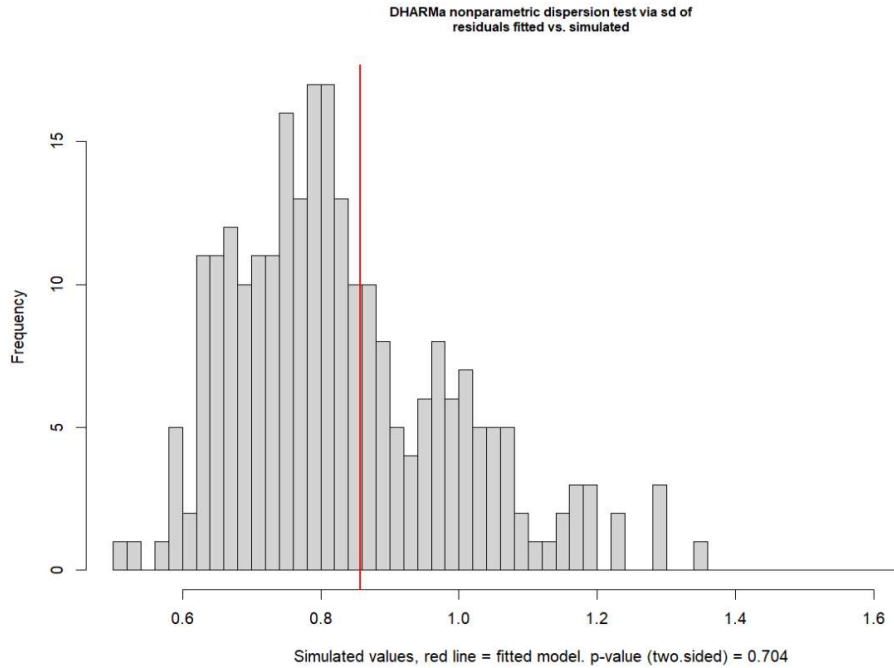
Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de número de indivíduos, Slope, SB, pH e Clay na parcela S1:

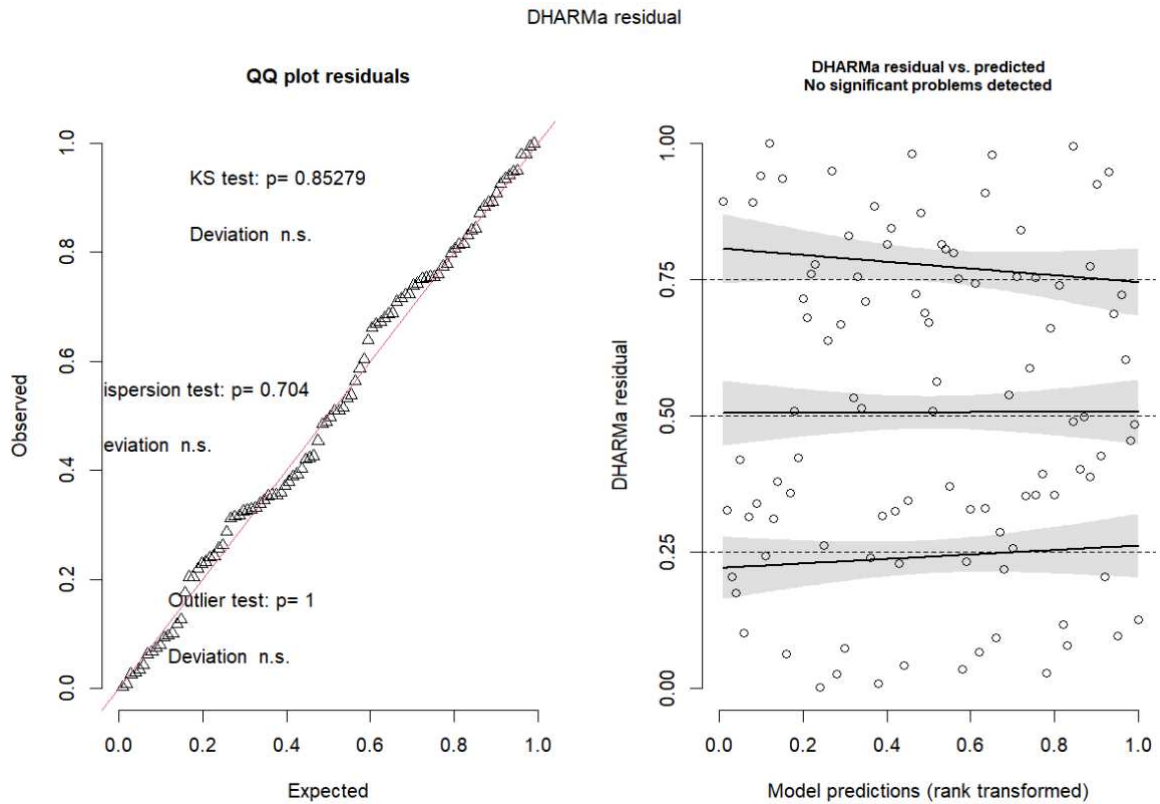




Anexo 7

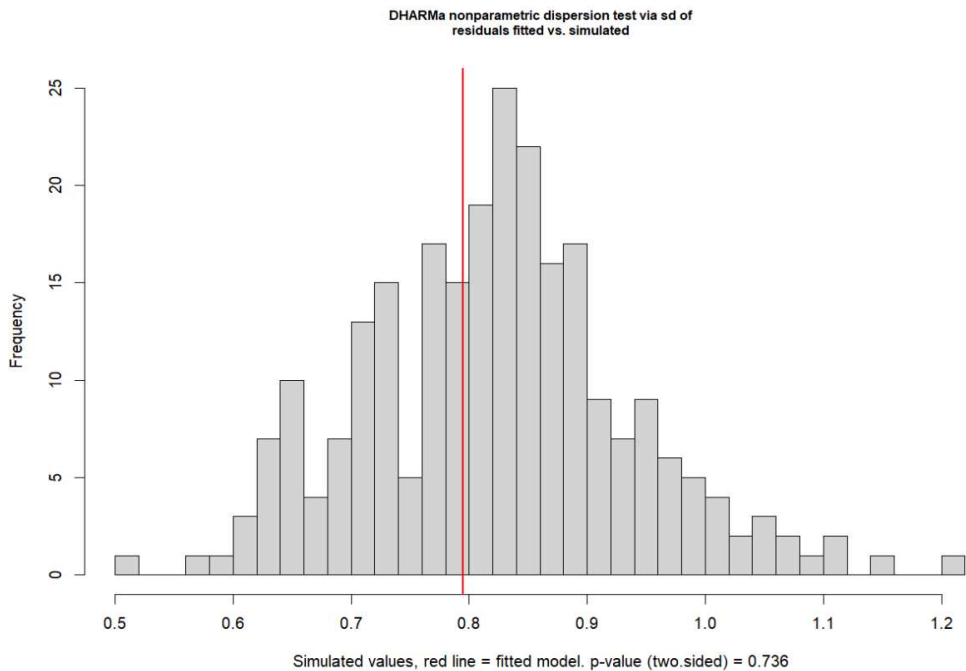
Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de recrutamento com valores brutos, Slope, SB, pH e Clay na parcela S1:

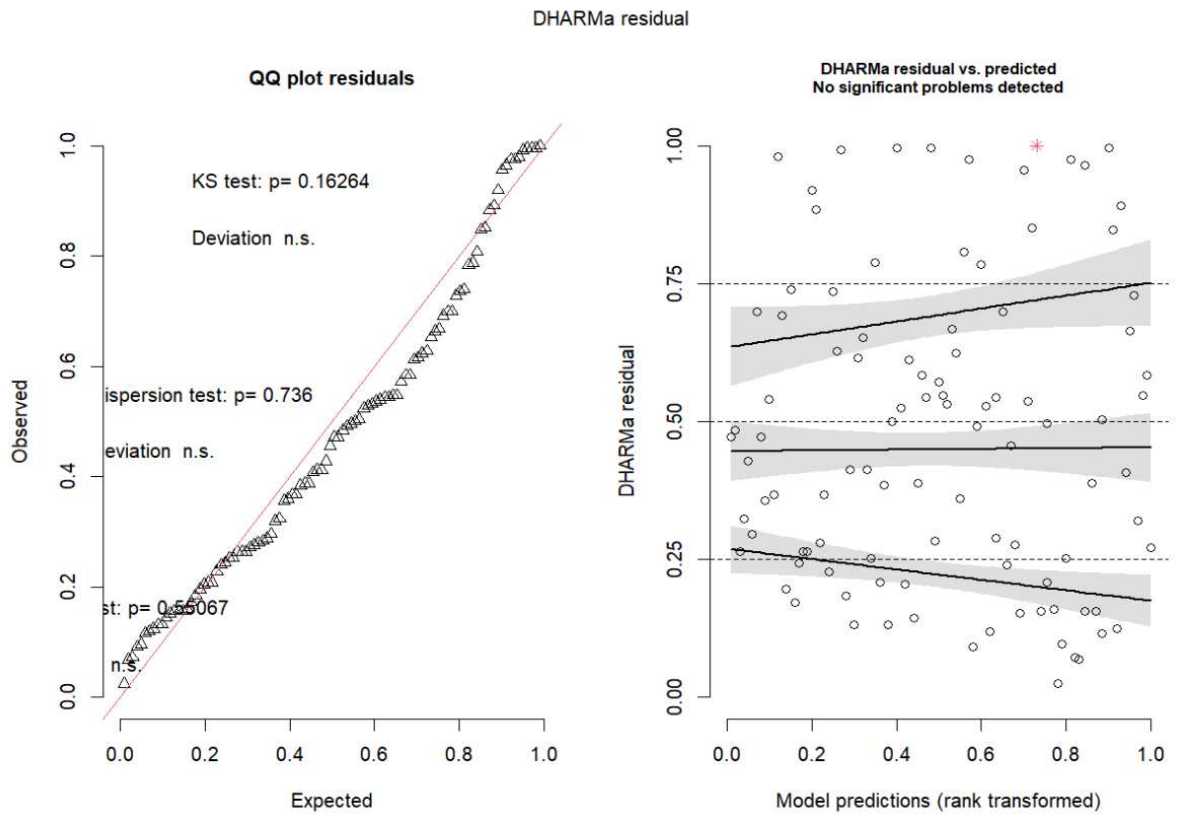




Anexo 8

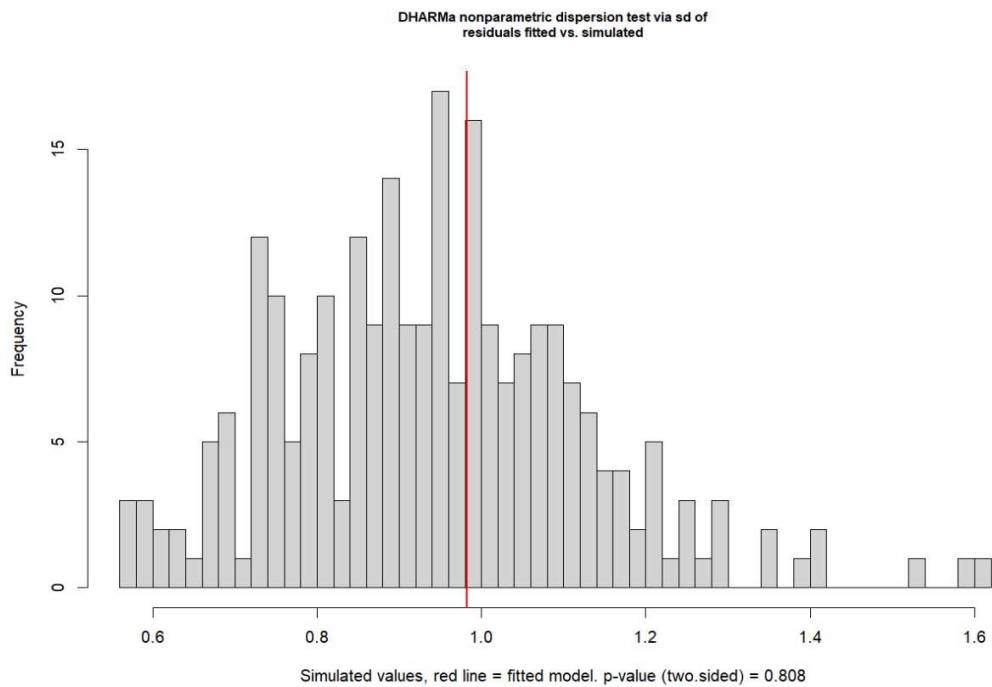
Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de recrutamento com valores de taxa, Slope, SB, pH e Clay na parcela S1:

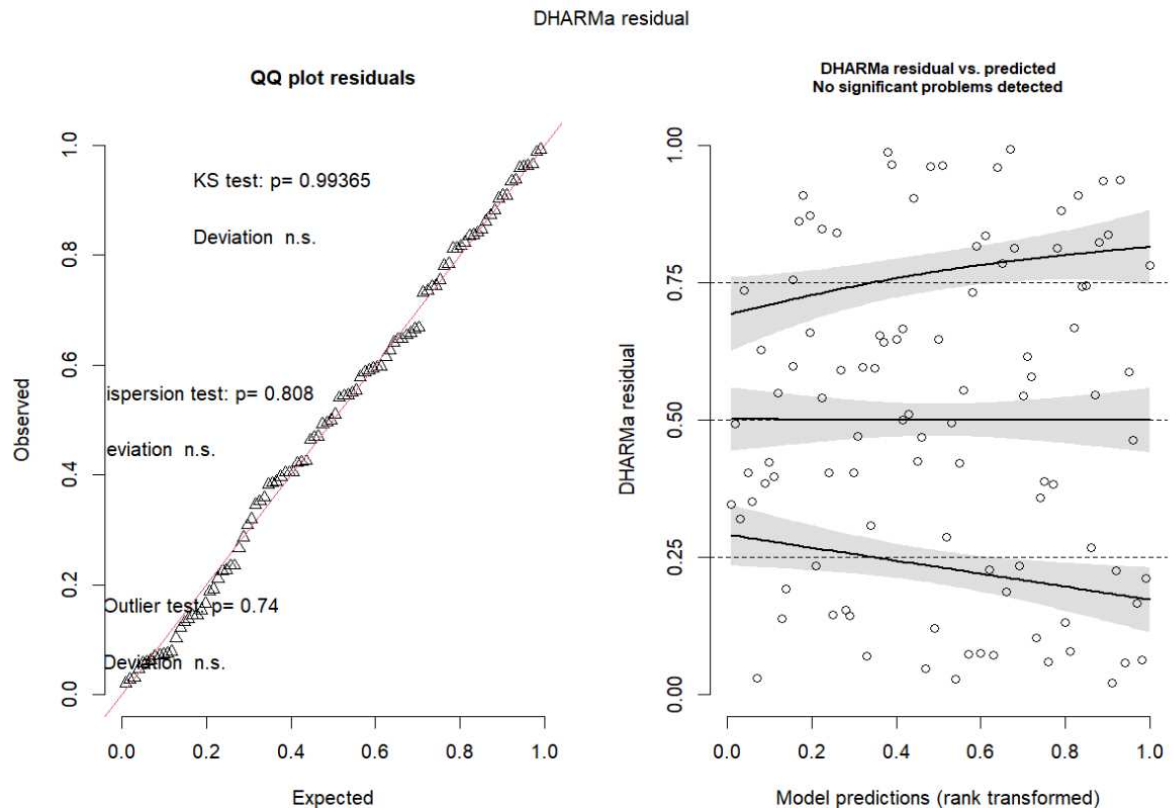




Anexo 9

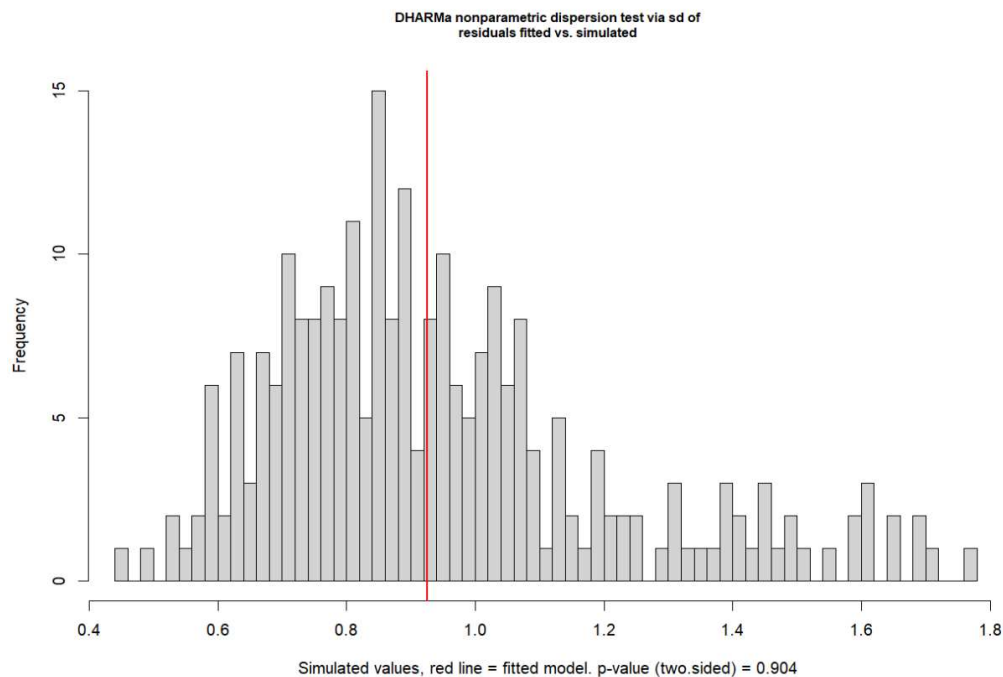
Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de sobrevivência com valores bruto, Slope, SB, pH e Clay na parcela S1:

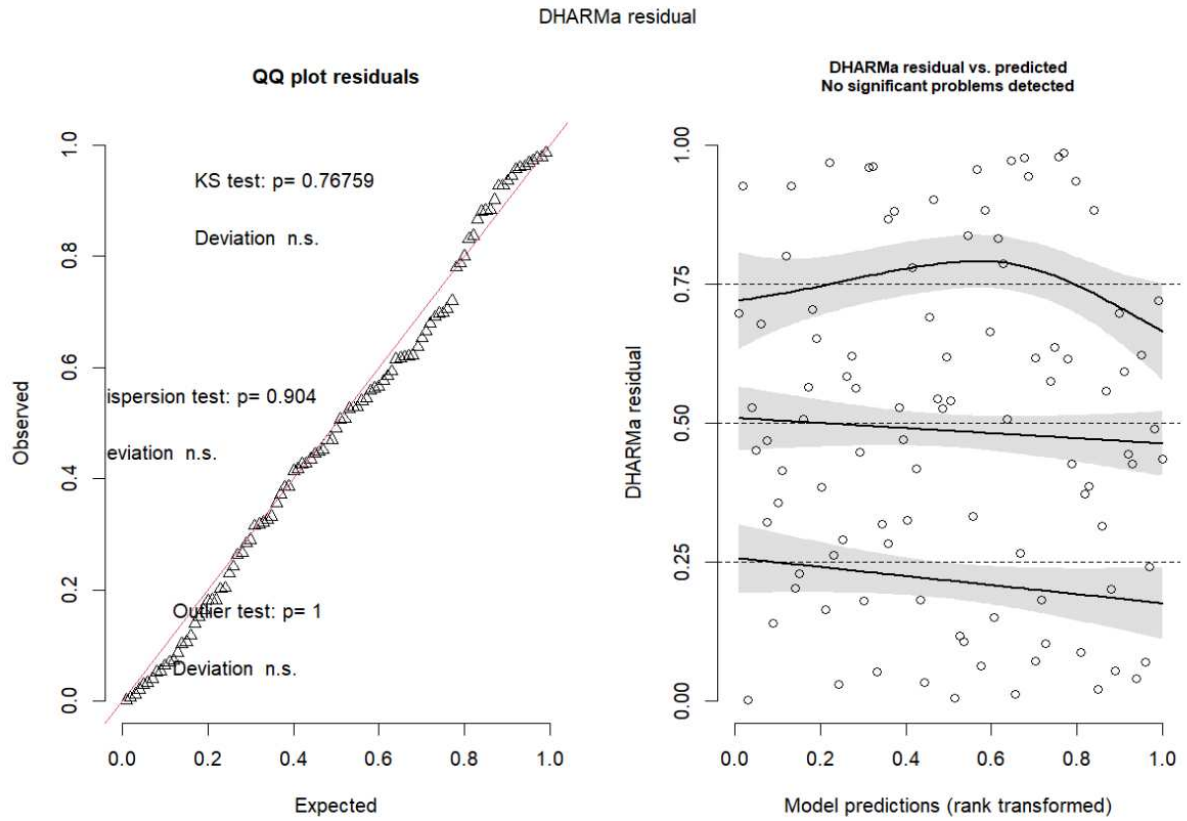




Anexo 10

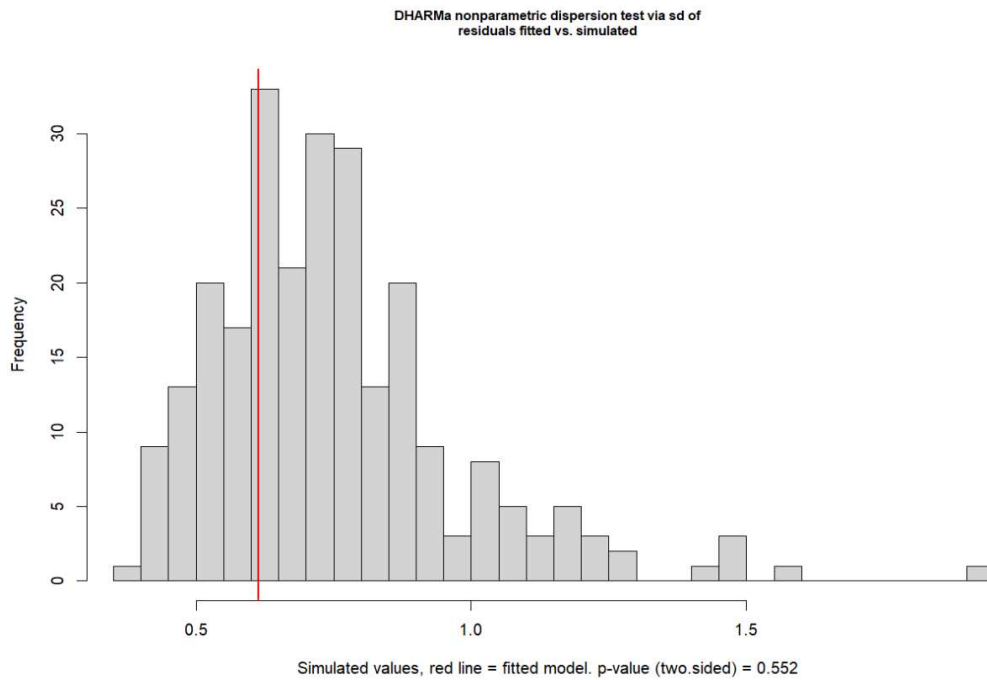
Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de mortalidade com valores brutos, Slope, SB, pH e Clay na parcela S1:

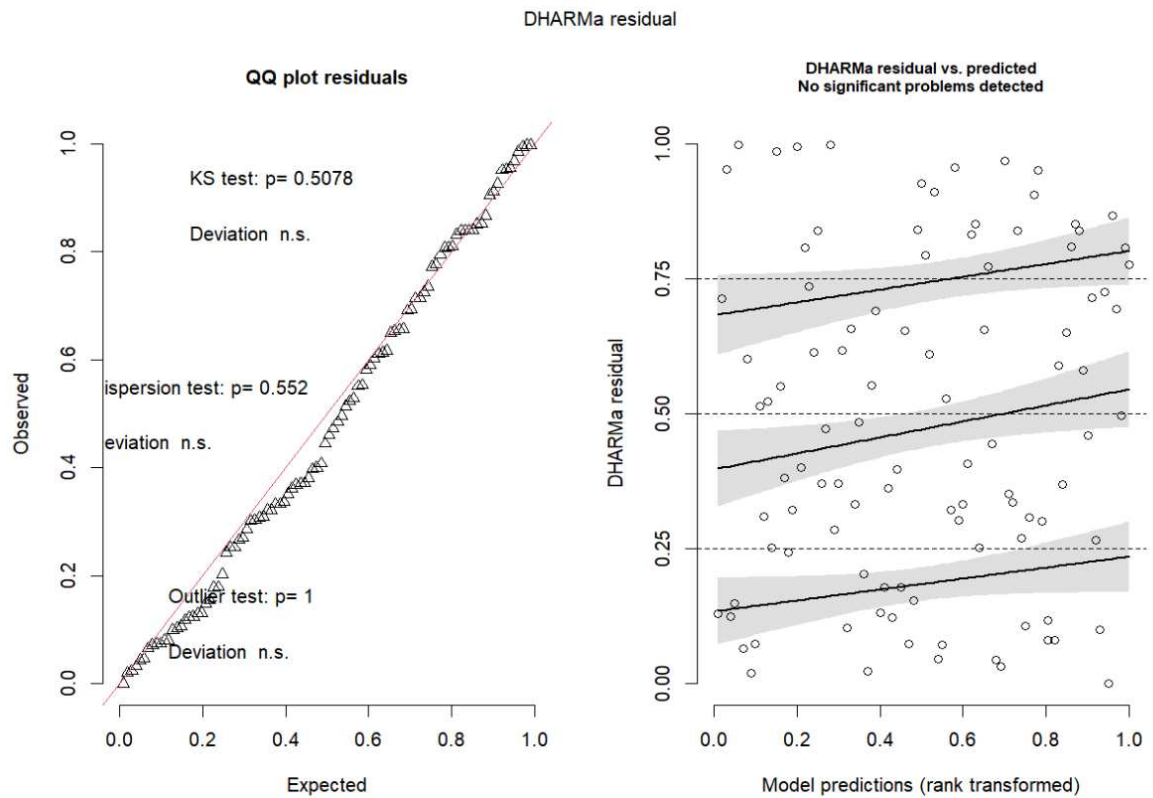




Anexo 11

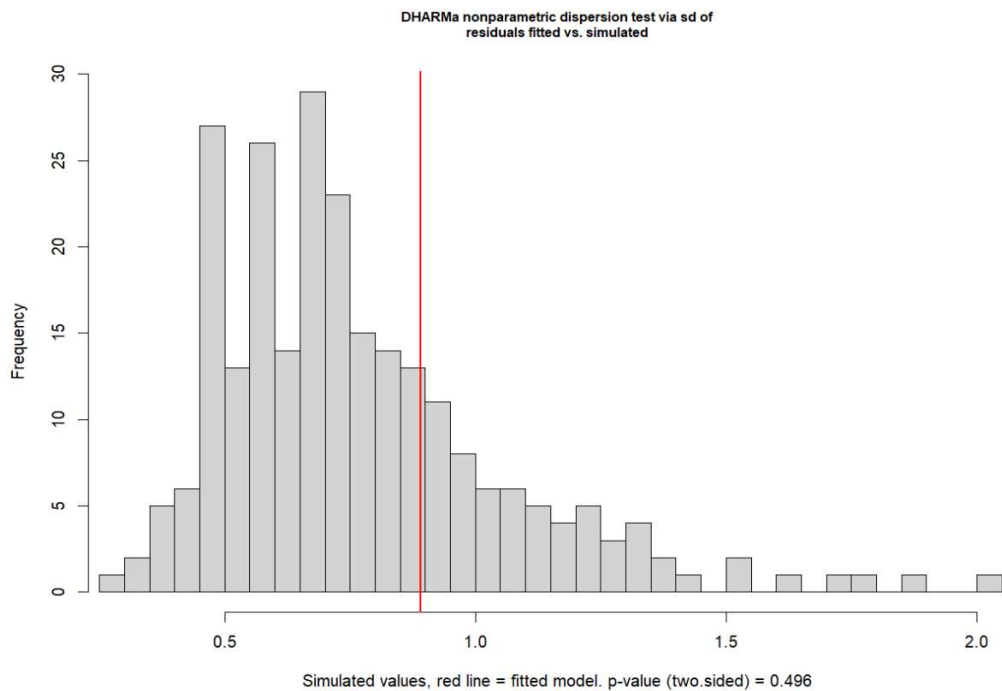
Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de recrutamento com valores brutos, Slope, SB e Clay na parcela N:

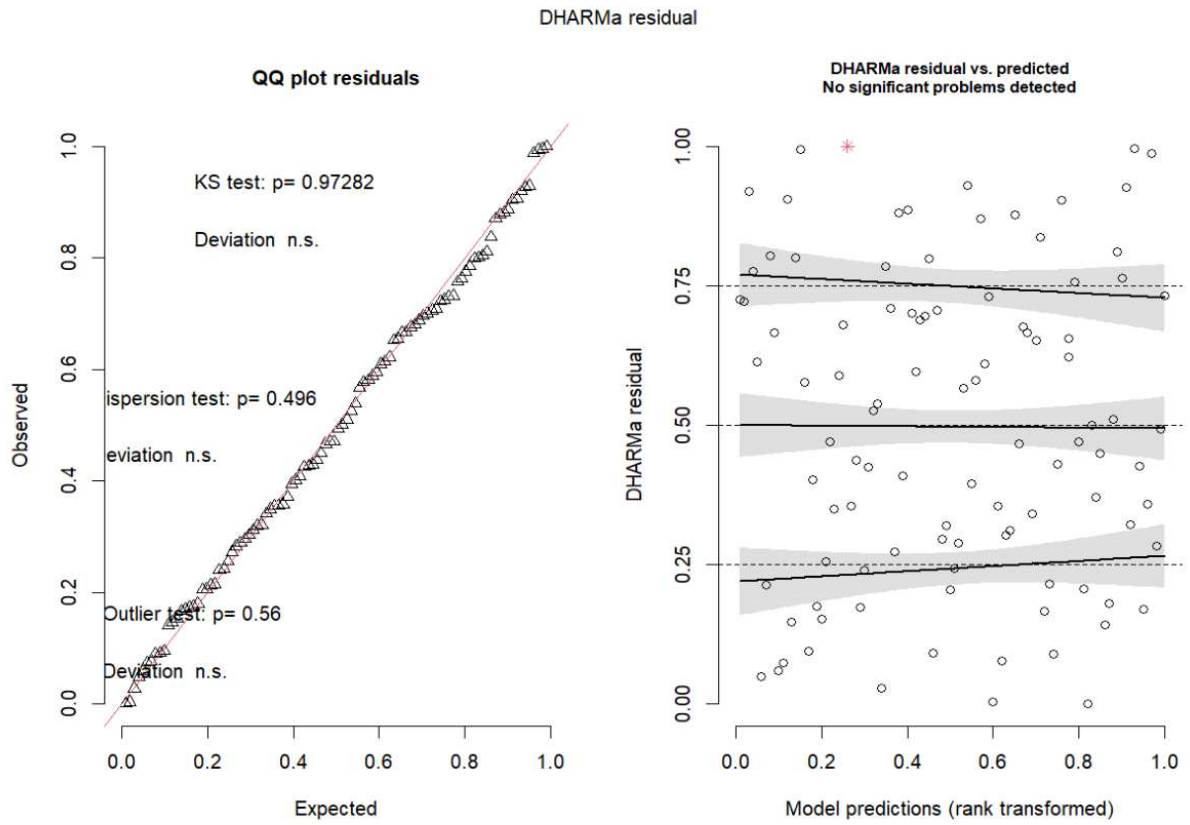




Anexo 12

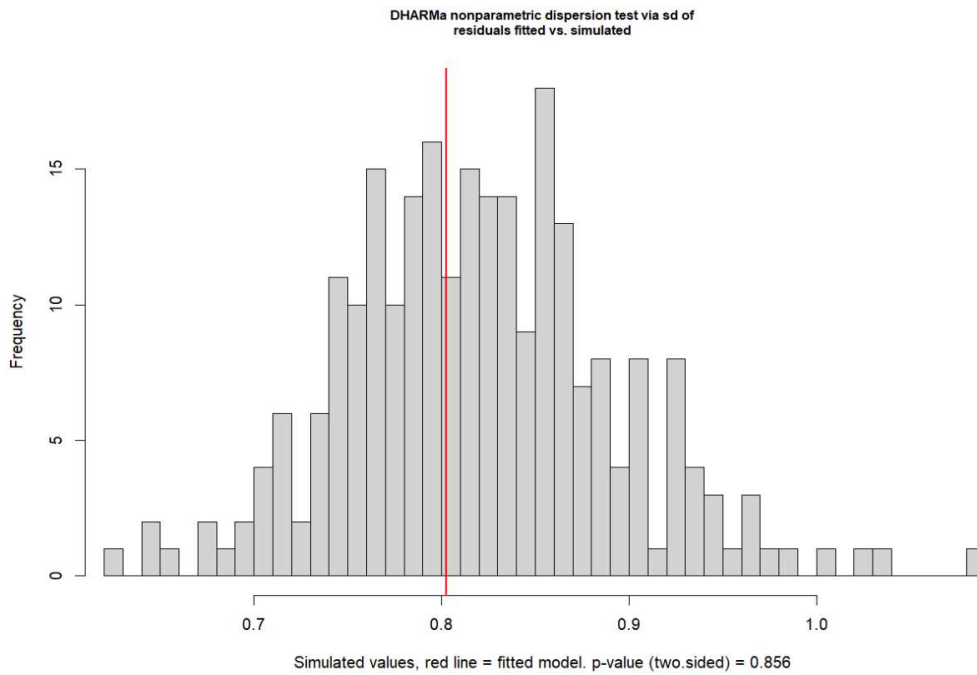
Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de sobrevivência com valores brutos, Slope, SB e Clay na parcela N:





Anexo 13

Resultados da linearidade, homoscedasticidade e dispersão dos dados para o GLM de sobrevivência com valores de taxa, Slope, SB e Clay na parcela N:



DHARMA residual

