Padrões de crescimento de árvores em floresta Amazônica

Eric Bastos Gorgens, UFVJM

23 Feb 2023 17:47:46 -03

Entrar com o resumo aqui

# 1 Introdução

As comunidades florestais apresentam um complexo ecossistema com diferentes inter-relações funcionais, em diferentes estágios de sucessão que crescem, reproduzem-se e morrem (**Schorn2009?**). Uma forma de reduzir esta complexidade é agrupar as espécies a partir de suas similaridades. Estas similaridades podem estar associadas às características morfológicas, às estratégias de vida, ou mesmo, às estratégias de dispersão. Essas semelhanças podem ser utilizadas para agrupar as espécies em grupos ecológicos (**Dealmeida2016?**).

A exploração madeireira sustentável é executada através do plano de manejo florestal. Este deve estar embasado em princípios como floresta regulada e equilibrada, para recomendar a intensidade de exploração, e as espécies a serem manejadas. A sustentabilidade do manejo está associado à capacidade da floresta em repor o que foi explorado (OLIVEIRA L.C.L.Q., G. J. M., Silva J.F.C., ).

A capacidade de recuperação está intimamente relacionada ao crescimento das árvores. Esse crescimento é consequência das atividades meristemáticas que resultam na criação de novas células em duas direções fundamentais: no sentido apical, que pode ser medido na mudança da altura da árvore; e no sentido lateral, que pode ser medido no diâmetro da árvore. Mudanças nas dimensões, tem como consequência o crescimento volumétrico da árvore, resultando em acúmulo de madeira. Tanto fatores genéticos quanto ambientais influenciam o desenvolvimento de um indivíduo, seja na forma e seja no tamanho CANHOTO J.M.

Compreender o crescimento das espécies é portanto fundamental. Em geral, os parâmetros de corte para a exploração florestal são definidos de modo genérico. Valores de crescimento e distribuição dos indivíduos são únicos para toda a floresta, desconsiderando a diversidade de espécies arbóreas. Considerar os agrupamentos ecológicos ajuda a compreender a dinâmica e a estrutura da floresta, permitindo a incorporação de instrumentos reguladores no manejo florestal. Assim, espera-se que as atividades exploratórias, orientadas por tais instrumentos, não modifiquem a composição e estrutura da comunidade (**Oliver1996?**).

Desconsiderar as diferenças entre as espécies leva a taxas de explorações sub-ótimas, compromento a sustentabilidade em nível de espécie (CONDÉ T.M., ). Desta forma, o presente trabalho pretende avaliar os diferentes grupos ecológicos a partir da distribuição diamétrica, do incremento diamétrico anual e do tempo de passagem. Espera-se fornecer subsídios para a definição de critérios de corte mais adequados e que promovam um manejo florestal sustentável de floretas tropicais.

# 2 Material e métodos

Foram considerado 28 inventários contínuos distribuidos nos estados do Pará, Amazonas, Acre, Rondônia e Mato Grosso. No total, foram analisadas 355 parcelas contendo 41580 indíviduos. Os dados fazem parte do projeto Paisagens Sustentáveis Brasil e estão disponíveis para download na plataforma do projeto (<https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3862/paisagens-sustentaveis>). Após descartadar as árvores com diâmetros menores que 10 cm, e também as palmeiras, restaram 36283 árvores.

As espécies presentes no inventário foram agrupadas considerando cinco grupos ecológicos: pioneiras, demandante de luz, intermediárias, tolerantes à sombra e emergentes (MACPHERSON A.J, ). As espécies cujo grupo ecológico não foi possível determinar a partir do trabalho de referência, foram desconsideradas na análise. Cada árvore foi associada a um centro de classe, considerando intervalo de 10 cm e diâmetro de inclusão de 10 cm.

Cada árvore teve o incremento diamétrico anual () determinado pela da divisão do incremento diamétrico observado entre medições consecutivas, pelo período em anos entre as medições.

em que é o incremento diamétrico anual, é o diâmetro a 1,30 m obtido no último ano de medição, é o diâmetro a 1,30 m obtido no primeiro ano de medição, é a data da última medição e é a data da primeira medição.

A taxa de crescimento diamétrico () foi calculado dividindo o incremento diamétrico anual pelo diâmetro a 1,30 obtido na primeira medição. Esta métrica é capaz de avaliar a taxa real de crescimento diamétrico sem a inflência do tamanho da árvore:

em que é o incremento diamétrico relativo, é o incremento diamétrico anual e é o diâmetro a 1,30 m obtido na primeira medição.

Para analisar o efeito dos grupos eológicos na distribuição diamétrica, foi utilizado o modelo de Meyer linearizado, com a função de ligação identidade. O modelo de Meyer para descrever a distribuição diamétrica é definido como:

em que indica o número de indivíduos na classe de diâmetro e indica o centro da classe . E pode ser linearizado por meio da transformação logaritmica da variáveis dependentes:

O modelo linear generalizado da função gama, com ligação identidade, foi empregado para avaliar se os grupos ecológicos influencia a distribuição dos incrementos diamétricos. Enquanto que um modelo com ligação logarítmica, foi usado para comparar o efeito dos grupos ecológicos na distribuição dos incrementos relativos. A comparação entre grupos foi feita utilizando a estatística bayesiana implementada no pacote *rstanarm* e *bayesplot*, ambos para linguagem R de programação. Os parâmetros do modelo foram estimados de forma bayesiana via MCMC (Monte Carlo Cadeia de Markov). Os valores *a priori* dos coeficientes do GLM são atualizados a partir dos dados observados (MUTH; ORAVECZ; GABRY, 2018).

# 3 Resultados

Das 415 espécies inventariadas, 90 foram associadas a um dos 5 grupos ecológicos: 13 espécies foram assinaladas como pioneiras, 13 como demadantes de luz, 34 como intermediárias, 20 como tolerantes à sombra e 10 como emergentes. Os grupos ecológicos das intermediárias e das tolerantes a sombra apresentaram a maior proporção de indivíduos na amostra (31% e 29,6% dos indivíduos respectivamente). O grupo das emergentes é o menor grupo, contendo apenas 3.1% das árvores. Os grupos das pioneiras e das demantantes de luz foram compostos por indivíduos numa porporção de 17% e 19% respectivamente (Table 3.1).

Table 3.1: Resumo dos grupos ecológicos.

| GrupoEco | arvProp | inc | incIQR | rIncA | rIncIQR |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Emergent | 3.19852 | 0.4125 | 0.52375 | 0.0065034 | 0.0185160 |
| Intermediate | 30.97064 | 0.2000 | 0.42500 | 0.0070225 | 0.0131193 |
| Light-demanding | 18.81287 | 0.3500 | 0.63375 | 0.0169335 | 0.0298942 |
| Pioneer | 17.37412 | 0.3450 | 0.55000 | 0.0090160 | 0.0162653 |
| Shade-tolerant | 29.64385 | 0.1500 | 0.22500 | 0.0059524 | 0.0101931 |

O incremento diamétrico médio por centro classe indica picos de incremento para os grupos ecológicos das pionerias, demandante de luz, intermediárias e tolerantes a sombra. O grupo das pioneiras apresentou o maior valor de incremento diamétrico anual na classe de 25 cm. Os grupos das intermediárias e das demandantes de luz apresentaram picos de incremento diamétrico anual na classe de 65. O grupo das tolerantes a sombra apresentou pico de incremento diamétrico anual na classe de 85. Para o grupo das emergentes, o incremento apresentou padrão bastante caótico.

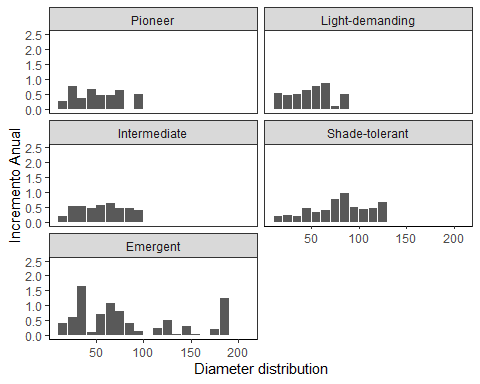


Figure 3.1: Distribuição do incremento diamétrico anual para cada grupo ecológico por centro de classe.

Os incrementos diamétricos anuais médios das pionerias e das demandantes de luz foram semelhantes entre si, mas diferentes dos demais grupos. O grupo das emergentes possuem um incremento diamétrico anual médio superior aos demais grupos, ao passo que o grupo das tolerantes a sombra apresenta a menor média de incremento anual, seguido pelo grupo das intermediárias.

##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 1).  
## Chain 1:   
## Chain 1: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 1: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 1: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 1:   
## Chain 1:   
## Chain 1: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 1:   
## Chain 1: Elapsed Time: 0.081 seconds (Warm-up)  
## Chain 1: 0.221 seconds (Sampling)  
## Chain 1: 0.302 seconds (Total)  
## Chain 1:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 2).  
## Chain 2:   
## Chain 2: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 2: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 2: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 2:   
## Chain 2:   
## Chain 2: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 2:   
## Chain 2: Elapsed Time: 0.065 seconds (Warm-up)  
## Chain 2: 0.223 seconds (Sampling)  
## Chain 2: 0.288 seconds (Total)  
## Chain 2:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 3).  
## Chain 3:   
## Chain 3: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 3: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 3: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 3:   
## Chain 3:   
## Chain 3: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 3:   
## Chain 3: Elapsed Time: 0.064 seconds (Warm-up)  
## Chain 3: 0.24 seconds (Sampling)  
## Chain 3: 0.304 seconds (Total)  
## Chain 3:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 4).  
## Chain 4:   
## Chain 4: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 4: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 4: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 4:   
## Chain 4:   
## Chain 4: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 4:   
## Chain 4: Elapsed Time: 0.065 seconds (Warm-up)  
## Chain 4: 0.297 seconds (Sampling)  
## Chain 4: 0.362 seconds (Total)  
## Chain 4:

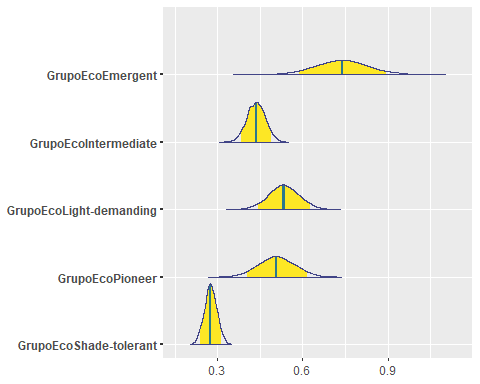


Figure 3.2: Análise bayesiana comparando o incremento relativo entre grupos ecológicos.

A taxa de crescimento diamétrico das demandantes de luz foi a maior dentre os grupos analisados. Seguido pelos grupos das emergentes, das intemediárias e das pioneiras, com taxas semelhantes. A menor taxa de crescimento foi apresentado pelo grupo das tolerantes a sombra (Figure ??). Como resultado da análise bayesiana, em relação à taxa de crescimento diamétrico, os grupos ecológicos podem ser organizados em três agrupamentos: um contendo os grupos das pioneiras, das demandantes de luz e das intermediária; outro contendo apenas as emergentes e outro contendo apenas as tolerantes a sombra.

##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 1).  
## Chain 1:   
## Chain 1: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 1: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 1: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 1:   
## Chain 1:   
## Chain 1: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 1:   
## Chain 1: Elapsed Time: 1.607 seconds (Warm-up)  
## Chain 1: 2.08 seconds (Sampling)  
## Chain 1: 3.687 seconds (Total)  
## Chain 1:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 2).  
## Chain 2:   
## Chain 2: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 2: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 2: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 2:   
## Chain 2:   
## Chain 2: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 2:   
## Chain 2: Elapsed Time: 1.675 seconds (Warm-up)  
## Chain 2: 2.095 seconds (Sampling)  
## Chain 2: 3.77 seconds (Total)  
## Chain 2:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 3).  
## Chain 3:   
## Chain 3: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 3: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 3: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 3:   
## Chain 3:   
## Chain 3: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 3:   
## Chain 3: Elapsed Time: 1.674 seconds (Warm-up)  
## Chain 3: 2.12 seconds (Sampling)  
## Chain 3: 3.794 seconds (Total)  
## Chain 3:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 4).  
## Chain 4:   
## Chain 4: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 4: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 4: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 4:   
## Chain 4:   
## Chain 4: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 4:   
## Chain 4: Elapsed Time: 1.808 seconds (Warm-up)  
## Chain 4: 2.132 seconds (Sampling)  
## Chain 4: 3.94 seconds (Total)  
## Chain 4:

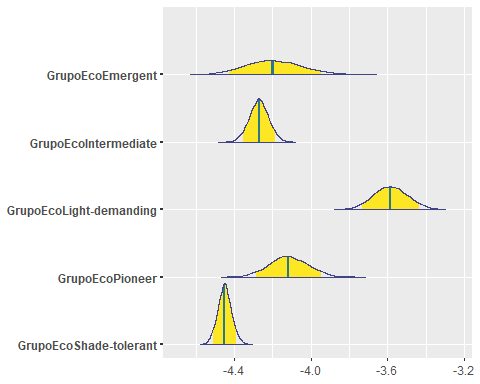


Figure 3.3: Análise bayesiana comparando o incremento relativo entre grupos ecológicos.

Todos os grupos ecológicos apresentaram distribuição diamétrica assimétrica, com comportamento exponencial negativo, também conhecido como “J-invertido”. No entanto, as taxas de descréscimo foram diferentes entre os grupos estudados (Figure 3.4). O grupo das emergentes apresentou um número de árvores mais constante entre classes diamétricas sequenciais. Já os grupos ecológicos das intermediárias e das tolerantes a sombra apresentaram uma grande quantidade de indivíduos jovens (diâmetros menores) em comparação com os demais grupos, seguidos pela demandante de luz e pelas pioneiras. No entanto, o grupo das pioneiras apresentou o menor valor para o diâmetro máximo da distribuição.

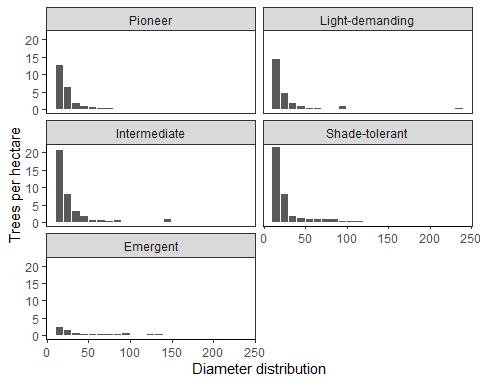


Figure 3.4: Distribuição diamétrica para os grupos ecológicos.

Outro ponto relevante na distribuição diamétrica dos grupos ecológicos é o momento em que a distribuição diamétrica começa a falhar (classes sem árvores presentes). Com exceção das emergentes, todos os demais grupos apresentam falhas na distribuição. As demandantes de luz com 13 classes vazias, seguido pelo grupo das intermediárias com 4 classes vazias as tolerantes a sombra com três classes vazias e as pioneiras com 1 classe vazia (Figure 3.4).

O coeficiente angular do modelo de Meyer linearizado evidencia o grupo ecológico das emergentes com a menor taxa de decréscimo (i.e. menor inclinação) (Figure 3.5). Já o grupo das pioneiras possui a maior taxa de decréscimo. Os grupos das intermediárias, das tolerantes a sombra e das demantantes de luz ocupam postos entre os grupos já mencionados, em posições crescentes. O intercepto do modelo, indica que o grupo das emergentes apresenta o menor número de árvores jovens (classe inicial) dentre os grupos. Seguido pelas demandantes de luz. As intermediárias, pioneiras e tolerantes à sombra são os grupos com maiores estoques de árvores jovens.

##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 1).  
## Chain 1:   
## Chain 1: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 1: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 1: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 1:   
## Chain 1:   
## Chain 1: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 1: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 1: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 1:   
## Chain 1: Elapsed Time: 0.203 seconds (Warm-up)  
## Chain 1: 0.27 seconds (Sampling)  
## Chain 1: 0.473 seconds (Total)  
## Chain 1:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 2).  
## Chain 2:   
## Chain 2: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 2: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 2: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 2:   
## Chain 2:   
## Chain 2: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 2: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 2: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 2:   
## Chain 2: Elapsed Time: 0.188 seconds (Warm-up)  
## Chain 2: 0.274 seconds (Sampling)  
## Chain 2: 0.462 seconds (Total)  
## Chain 2:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 3).  
## Chain 3:   
## Chain 3: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 3: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 3: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 3:   
## Chain 3:   
## Chain 3: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 3: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 3: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 3:   
## Chain 3: Elapsed Time: 0.177 seconds (Warm-up)  
## Chain 3: 0.277 seconds (Sampling)  
## Chain 3: 0.454 seconds (Total)  
## Chain 3:   
##   
## SAMPLING FOR MODEL 'continuous' NOW (CHAIN 4).  
## Chain 4:   
## Chain 4: Gradient evaluation took 0 seconds  
## Chain 4: 1000 transitions using 10 leapfrog steps per transition would take 0 seconds.  
## Chain 4: Adjust your expectations accordingly!  
## Chain 4:   
## Chain 4:   
## Chain 4: Iteration: 1 / 2000 [ 0%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 200 / 2000 [ 10%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 400 / 2000 [ 20%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 600 / 2000 [ 30%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 800 / 2000 [ 40%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 1000 / 2000 [ 50%] (Warmup)  
## Chain 4: Iteration: 1001 / 2000 [ 50%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1200 / 2000 [ 60%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1400 / 2000 [ 70%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1600 / 2000 [ 80%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 1800 / 2000 [ 90%] (Sampling)  
## Chain 4: Iteration: 2000 / 2000 [100%] (Sampling)  
## Chain 4:   
## Chain 4: Elapsed Time: 0.184 seconds (Warm-up)  
## Chain 4: 0.268 seconds (Sampling)  
## Chain 4: 0.452 seconds (Total)  
## Chain 4:

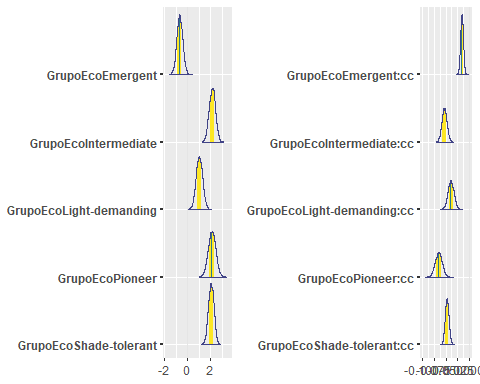


Figure 3.5: Análise bayesiana comparando a taxa de descréscimo exponencial para o número de árvores por classe diamétrica entre grupos ecológicos.

# 4 Discussão

O que é incremento diamétrico anual e o que ele expressa… sempre na perspectiva da indicação dos critérios de corte…

O que é taxa de crescimento e o que ela expressa…sempre na perspectiva da indicação dos critérios de corte…

Como o incremento diamétrico anual e a taxa podem ser analisadas de forma conjunta… que informações uma complementa em relação a outra… sempre na perspectiva da indicação dos critérios de corte…

O que distribuição diamétrica e o que ela expressa focando na indicação de momento de corte… falar do papel da mortalidade na forma da distribuição diamétrica e o que indicam as falhas numa distribuição…

Falar do incremento diamétrico anual por centro de classe e como ele pode ser usado para indicar o momento ideal para corte…

O grupo das pioneiros possuem características fisiológicas que favorecem um crescimento inicial mais rápido (**Schaffer2020?**) para rapidamente ocuparem um ambiente (**Santiago2021?**). Devido ao estágio inicial este ambiente é caracterizado por excesso de iluminação e altas temperaturas devido à exposição ao sol. Os indivíduos deste grupo apresentam elevado incremento diamétrico anual e alta taxa de crescimento. No entanto, as espécies desse grupo possuem um ciclo de vida mais curto (**Gil2022?**), evidenciado pelo distribuição diamétrica atingindo diâmetros máximos menores que as demais. uas madeiras são de baixas densidade (**Novais2022?**), sendo então menos resistentes, ou seja, mais susceptíveis a mortalidade, com isso resulta em uma menor quantidade de indivíduos arbóreos em maiores classes diamétricas. A distribuição diamétrica do grupo, indica uma tendência a diametro mínimo de corte (DMC) menor para as espécies pioneiras em relação a um diâmetro mínimo de corte de 50 cm.

Semelhantemente as pioneiras, o grupo das demandantes de luz também apresentam elevado incremento diamétrico anual. O surpreendente foi o valor da taxa de crescimento diamétrico, que foi o mais elevado dentre todos. O que isto indica? Tendo em vista que para a árvore investir em crescimento secundário (diâmetro), é necessário o fornecimento de luz ideal para o crescimento inicial (altura), principalmente para essas espécies que necessitam de lugares luminosos e abertos ou semiabertos S. ([*s. d.*]), é provável então que essas comunidades florestais apresentem as características edafoclimáticas que favoreceram o crescimento de indivíduos do grupo. As demandantes de luz apresentam uma alta taxa de assimilação de luz em função do seu maior índice de área foliar específico, permitindo um ganho na competição com outras espécies, possibilitando maior presença em clareiras, possibilitando uma alta taxa de crescimento (**Poorter2009?**).

Observa-se que as distribuições diamétricas das demandantes de luz e pioneiras apresentaram ligeiras semelhanças, em razão das suas características biológicas. Porém, as demandantes de luz obtiveram uma maior presença de indivíduos em classes diamétricas de 100 cm, demonstrando a possibilidade desses indivíduos do grupo necessitarem de um maior ciclo de corte que as espécies pioneiras em razão das falhas apresentadas entre as classes. Como as espécies desses possuem ciclo de vida mais curtos, apresentam maiores taxas de incrementos diamétricos em função das suas características de crescimento inicial mais rápido em função da disponibilidade de luz, porém, em classes diamétricas maiores esses indivíduos irão sofrer uma maior influência do ambiente, interferindo em seu crescimento e mantimento na floresta VATRAZ S.

O grupo das tolerantes à sombra é composto por espécies com madeira de alta densidade (**Novais2022?**). As respostas fisiológicas deste grupo ao crescimento é mais lento comparado aos demais grupos, como apresentado nas análises. A menor taxa de crescimento é consequência de um maior investimento dos indivíduos em tecidos para a sustentação de suas copas e proteção a danos físicos, permitindo ciclos de vida maiores (KING D.A., ; VATRAZ S., ; **Poorter2009?**) e uma maior flexibilidade a ambientes (OLIVEIRA L.C.L.Q., G. J. M., Silva J.F.C., ). Como as sementes dessas espécies toleram a sombra, gera um maior banco de plântulas que favorece em maiores taxas de regeneração, que juntamente com as características citadas acima contribuem em uma distribuição diamétrica mais continua, que resulta em falhas em classes muito maiores. Essas falhas na distribuição diamétrica sugerem ciclos de cortes maiores, conjuntamente com a análise de distribuição do incremento diamétrico anual há uma possibilidade que essas espécies possam ter um DMC próximo a 80 cm.

Ao se observar o crescimento mais lento das tolerantes à sombra e o crescimento mais rápidos das demandantes de luz, tem-se a hipótese de que essas espécies refletem essa característica por uma necessidade natural de troca entre sobrevivência e crescimento, particionando os gradientes de luminosidade, de modo a compensar a necessidade de muita ou pouca luz para auxiliar no crescimento de ambas as partes (**Poorter2009?**). Já as espécies intermediárias, caracterizam-se por atributos medianos aos demais grupos, combinando principalmente das demandantes de luz e as tolerantes à sombra, com um crescimento rápido na exposição de luz, apresentando maior tolerância à sombra que as pioneiras (**Sambuichi2009?**) e média a alta densidade de madeira OLIVEIRA L.C.L.Q., G. J., Jardim F. Observou-se a partir dos resultados do incremento diamétrica anual por centro de classe, um DMC proximos a 65 cm.

As emergentes caracterizam-se como um grupo à parte no processo de sucessão ecológica, pois fazem a combinação de características dos demais grupos, como: intolerância à sombra; taxas de crescimento mais lento em contrapartida aos grupos de que necessitam luz e densidades de madeiras mais altas (**Paula2016?**). Os dados deste estudo reforçam o carater único deste grupo ecológico. O grupo apresenta elevado incremento diamétrico anual (associado também a altos valores de variação), mas taxas de crescimento medianos, semelhantes aos das intermediárias e pioneiras. O grupo das emergentes possui ainda uma distribuição diamétrica muito diferente das demais, com uma baixa taxa de regeneração, e uma distribuição alongada e uniforme, atingindo elevados diâmetros (MACPHERSON A.J, ). É provável que as emergentes se enquadrem como as que necessitam de maior tempo para regeneração (**Felfili1997?**) e uma ausência da estrutura de “J-invertido” (BRAZ E.M., 2010; SANTOS R.O., ).

Esse maior tempo de regeneração pode ser ocasionado pela relação das características fisiológicas das árvores responderem melhor em ambientes com ocorrência de distúrbios, refletindo em populações com comportamento desbalanceado MEYER A.H., principalmente pela espécie necessidade de luz para germinação das sementes dessas espécies (OLIVEIRA L.C.L.Q., G. J., Jardim F., ). Grandes clareiras são um dos distúrbios que mais favorecem a regeneração das espécies emergentes, em consequência do processo de mortalidade dos indivíduos arbóreos concentrado nas últimas classes diamétricas. Frequentemente povoado por espécies que se aproveitam de luz (**Lima2005?**), como as pioneiras, demandantes de luz e as emergentes. Esses distúrbios beneficiam as características das emergentes de demandarem luz para o seu crescimento, porém, tem um crescimento relativamente mais lento que as pioneiras, demandantes de luz e intermediárias, como consequência possui árvores com densidades mais altas, semelhantemente as tolerantes à sombra. Então se espera que seu banco de plântulas e mudas sejam mais resilientes na espera por esses distúrbios que favoreçam seu crescimento (**Maciel2003?**).

Mehorar o fechamento… A sucessão de espécies que se relacionam com distúrbios nos ambientes, possibilita que nesses diferentes processos experimentais ao longo do tempo, haja uma maior adaptação desses indivíduos nas mudanças que ocorrem nessas áreas (**Kuuluvainen2009?**), podendo apresentar um maior estabelecimento em classes maiores, ou seja, mais densos que diminuíam as probabilidades de mortalidade pelos fatores ambientais. O grupo das emergentes contém espécies exploradas em razão das suas madeiras com média a alta densidade, porém, seu banco de plântulas e mudas para reposição é mais baixo, então poucos indivíduos irão conseguir se desenvolver e se tornar árvores adultas. Além das descontinuidades em suas distribuições, sugere análises a nível de espécies. Já que com um plano de manejo elaborada a nível de comunidade, pode ocorrer dessas espécies não conseguirem fazer reposição dentro do ciclo previsto na legislação. A partir da compreensão que esses diferentes nichos de regeneração e variadas densidades da madeira formam os indivíduos desses grupos ecológicos que apresentam diferenças em taxas de incremento e distribuição diamétrica, enfatiza a importância do conhecimento da estrutura dos processos florestais e a forma que o manejo pode utilizar para agregar sustentabilidade (**Forrester2019?**).

# References

BRAZ E.M. **Subsídios para o planejamento de manejo de florestas tropicais da Amazônia**., 2010.

CAMPANELLO P.I., A. A., Gatti M.G. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, [*s. l.*], v. 252, p. 108–117, Disponível em: [https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.032.](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.032)

CANHOTO J.M. Madeira. **Revista Ciência Elementar**, [*s. l.*], v. 6, n. 4, p. 074, Disponível em: [http://doi.org/10.24927/rce2018.074.](http://doi.org/10.24927/rce2018.074)

CLARK D.A., C. D. B. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. **Ecol.Monogr.**, [*s. l.*], v. 62, p. 315–344, Disponível em: [https://doi.org/10.2307/2937114.](https://doi.org/10.2307/2937114)

CONDÉ T.M., H. N., Tonini H. Effects of sustainable forest management on tree diversity, timber volumes, and carbon stocks in an ecotone forest in the northern Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, [*s. l.*], v. 119, p. 106145, Disponível em: [https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106145.](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106145)

DE LIOCOURT F. Manejo de los abetales. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**, [*s. l.*], v. 14, n. 66, p. 15–30,

DENSLOW J.S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Ann. Rev. Ecol. Sys**, [*s. l.*], v. 18, p. 431–451, Disponível em: [https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002243.](https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002243)

KING D.A., T. S., Davies S.J. The role of wood density and steam support costs in the growth and mortality of tropical trees. **Journal of Ecology**, [*s. l.*], v. 94, n. 3, p. 670–680, Disponível em: [https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01112.x.](https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01112.x)

LUAMBUA N.K., S. K. V., Hubau W. Spatial patterns of light‐demanding tree species in the Yangambi rainforest (Democratic Republic of Congo). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [*s. l.*], v. 11, n. 24, p. 18691–18707, Disponível em: [https://doi.org/10.1002/ece3.8443.](https://doi.org/10.1002/ece3.8443)

MACPHERSON A.J. **Following the rules: a bioeconomic policy simulation of a Brazilian forest concession**.

MEYER A.H. Structure, Growth, and Drain in Balanced Uneven-Aged Forests. **Journal of Forestry**, [*s. l.*], v. 50, p. 85–92, Disponível em: [https://doi.org/10.1093/jof/50.2.85.](https://doi.org/10.1093/jof/50.2.85)

MUTH, C.; ORAVECZ, Z.; GABRY, J. User-friendly Bayesian regression modeling: A tutorial with rstanarm and shinystan. **Quantitative Methods for Psychology**, [*s. l.*], v. 14, n. 2, p. 99–119, 2018.

OLIVEIRA L.C.L.Q., G. J., Jardim F. Classificação ecológica de espécies arbóreas por meio da análise da distribuição diamétrica. **Espacios**, [*s. l.*], v. 38, n. 42, p. 3,

OLIVEIRA L.C.L.Q., G. J. M., Silva J.F.C. Predição do ciclo de corte de espécies arbóreas comerciais por grupos ecológicos em uma floresta na Amazônia brasileira. **Brazilian Journal of Biometrics**, [*s. l.*], v. 38, n. 1, p. 18–34, Disponível em: [https://doi.org/10.28951/rbb.v38i1.412.](https://doi.org/10.28951/rbb.v38i1.412)

S., D. A. D. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. [*S. l.: s. n.*], [*s. d.*].

SANTOS R.O., R. B. C., Soares R.N. Estrutura e dinâmica em uma floresta densa de terra firme, Sudeste do Amapá, Brasil. **Nativa**, [*s. l.*], v. 6, p. 802–814, Disponível em: [https://doi.org/10.31413/nativa.v6i0.5755.](https://doi.org/10.31413/nativa.v6i0.5755)

SETTE JR C.R., D. C. T. D. S., Tomazello Filho F.D.S. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de Eucalyptus grandis W. Hill. ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, [*s. l.*], v. 34, n. 6, p. 979–990, Disponível em: [https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600003.](https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600003)

VATRAZ S., S. J. N. M., Alder D. A autocorrelação temporal do incremento em diâmetro e as diferenças de crescimento entre grupos de espécies em uma floresta ombrófila densa. **Brazilian Journal of Biometrics**, [*s. l.*], v. 36, n. 1, p. 56–73, Disponível em: [https://doi.org/10.28951/rbb.v36i1.118.](https://doi.org/10.28951/rbb.v36i1.118)

WITHMORE T.C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology**, [*s. l.*], v. 70, p. 536–538, Disponível em:[https://doi.org/10.2307/1940195.]( https://doi.org/10.2307/1940195)