

# CICLAGEM DO CARBONO, ABERTURA DE CLAREIRAS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS: AS IMPLICAÇÕES SOBRE A INTERAÇÃO DE DIFERENTES ESCALAS NO SEQUESTRO DE CARBONO

Bruno Henrique Pimentel Rosado

“...quem percebe que o tempo está fugindo...descobre subitamente, a beleza única do momento que nunca mais será.”

*Rubem Alves*

## 1. INTRODUÇÃO

Uma importante característica de plantas que crescem em ambientes com alta disponibilidade de recursos são suas altas taxas de aumento de matéria seca por unidade de tempo, com relação a massa inicial da planta (crescimento relativo) (Grime & Hunt, 1975). Estas espécies alocam proporcionalmente mais recursos para crescimento da parte aérea do que para atributos como alta longevidade foliar e eficiência no uso de água e nutrientes, que são preponderantes em espécies que ocorrem em ambientes de baixa disponibilidade de recursos (Mooney & Gulmon, 1982; de Mattos *et al.*, 2003).

O carbono assimilado não perdido pela respiração pode ser usado para crescimento e estabelecimento de reservas, sendo que a magnitude da taxa de assimilação líquida depende da constituição físico-morfológica das espécies vegetais, tais como capacidade fotossintética, área foliar e proporção de tecidos fotossintetizantes na folha (Larcher, 2000). Além disso, fatores ambientais que agem efeitos sobre o balanço de carbono tais como água e nutrientes podem afetar a produção de matéria seca. Dentre estes fatores, uma maior radiação luminosa (intensidade e/ou exposição) é capaz de promover aumentos no incremento de biomassa já que espécies com elevadas taxas de crescimento relativo precisam de mais luz para alcançar seus respectivos ótimos metabólicos (Taiz, & Zeiger, 1998).

Em termos gerais, o balanço de carbono é determinado a partir da diferença entre entrada de carbono, que é medida como a quantidade total fixada pela fotossíntese, e o rendimento, que corresponde ao incremento de matéria seca, seja no indivíduo ou na comunidade (Larcher, 2000). No que diz respeito à radiação fotossinteticamente ativa, a quantidade de matéria seca formada pela vegetação está positivamente relacionada: (i) à taxa de assimilação de carbono das espécies que compõem a comunidade (ii) à absorção de luz em termos de índice de área foliar (iii) e ao período em que as plantas mantêm o balanço positivo de trocas gasosas (Larcher, 2000).

As florestas tropicais úmidas estão entre os biomas mais importantes no que diz respeito à ciclagem do carbono atmosférico (Williams *et al.*, 1998). Embora estas florestas se estendam por somente cerca de 8% da superfície da terra, elas contêm aproximadamente 40% da biomassa total e são

responsáveis por 50% da produtividade primária líquida anual da biosfera (Grace *et al.*, *in press apud* Williams *et al.*, 1998).

Apesar das recentes indicações de que estes ecossistemas podem ser importantes drenos para a redução de carbono na atmosfera (Grace *et al.*, 1995), têm-se discutido o efeito da queda e decomposição de árvores que podem contribuir negativamente para este processo ao liberar carbono de volta para a atmosfera (Chambers *et al.*, 2000). Neste sentido, a abertura de clareiras torna-se um processo importante no que diz respeito à ciclagem de carbono, uma vez que o estabelecimento e o crescimento de plântulas podem contrabalançar as perdas de carbono oriundos da decomposição de árvores caídas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar de forma indireta, se há um aumento da fixação de carbono através da maior proporção de biomassa aérea em plântulas em função da maior disponibilidade de luz das clareiras. Minhas hipóteses para este trabalho foram as de que: (1) em função da maior radiação luminosa a alocação de recursos de plântulas em clareiras deve ocorrer preferencialmente para a parte aérea ao contrário das plântulas presentes no interior da floresta e (2) o incremento total de biomassa deve ser maior nas clareiras do que no interior da mata em função da maior presença esperada de indivíduos de acordo com a hipótese do distúrbio intermediário.

## 2. MATERIAL & MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na Reserva do Km 41 (59°43'40"W; 2°24'26"S), uma floresta contínua de terra firme localizada a cerca de 70 km da cidade de Manaus, AM.

Este tipo de fisionomia florestal é típico de áreas altas sem risco de inundação e é caracterizada pela presença de “árvores altas (mais de 25 metros de altura), copa fechada, lianas, sub-bosque aberto e elevada biomassa” (O'Brien & O'Brien, 1995).

### 2.2 COLETA DE DADOS

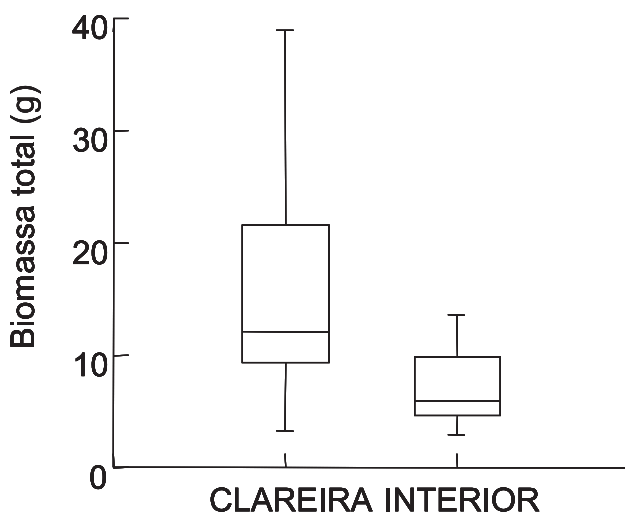
Dez amostras pareadas de clareira e interior foram feitas em áreas de platô para a coleta de plântulas. Foram coletadas todas as plântulas (de até 50 cm) presentes em duas parcelas de 1m<sup>2</sup> montadas na região central de cada uma das áreas. No laboratório, as plântulas foram morfotipadas e cortadas

na junção raiz-caule para medidas do comprimento de cada uma das partes. Após a medição, raiz e caule foram colocados em sacos de papel e depois de um período de cerca de 24 horas em estufa, o peso seco total de raiz e parte aérea, para cada uma das parcelas em cada área foi obtido com balanças portáteis de 10 e 60 gramas (PESOLA®).

Para testar se existe uma alometria de crescimento diferencial entre parte aérea e parte subterrânea avaliando a possibilidade de diferenças entre clareiras e interior da mata utilizei análise de covariância de acordo com Zar (1999). O mesmo teste foi utilizado para a biomassa total da parcela dividida em parte aérea e subterrânea. Um teste t pareado foi utilizado para testar se a razão entre raiz e parte aérea e o conteúdo de biomassa total foram diferentes entre clareira e interior da floresta.

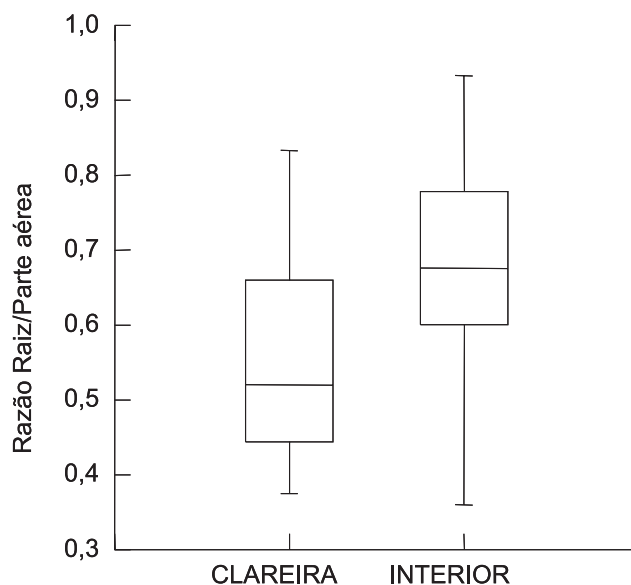
### 3. RESULTADOS

O conteúdo total de biomassa acumulada nas clareiras foi superior ( $t=3.528$ ;  $gl=18$ ;  $p=0.002$ ) em relação ao interior da floresta, uma vez que se observa que cerca de 75% dos valores de biomassa das clareiras foram maiores que os do interior (Figura 1).



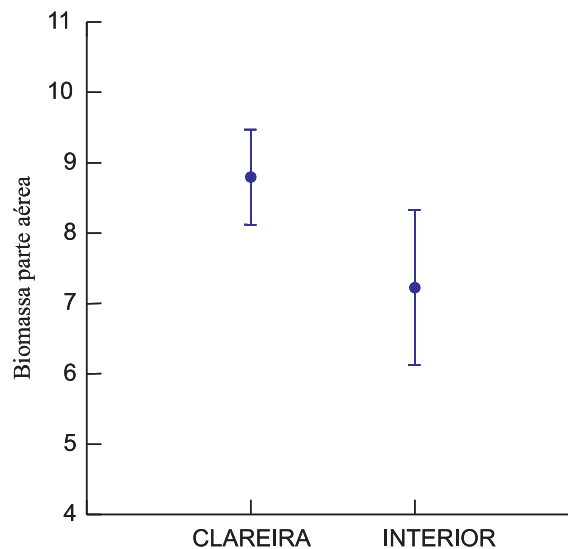
**Figura 1:** Box-plot indicando a diferença entre conteúdo de biomassa total de plântulas nas áreas estudadas. Cada Box compreende 50% dos dados e o traço interior do gráfico é representado pela mediana. Os pontos extremos indicam os pontos máximos e mínimos.

Em relação a razão raiz/parte aérea tanto clareira quanto interior apresentaram valores abaixo de 1, indicando uma maior alocação de biomassa para a parte aérea das plântulas (Figura 2). Embora não tenha havido diferenças significativas, clareiras apresentam tendência de maior acúmulo de biomassa na parte aérea ( $t=-1.951$ ;  $df=18$ ;  $p=0.067$ ).



**Figura 2:** Comparação da razão raiz/parte aérea entre clareira e interior. Cada Box compreende 50% dos dados e o traço interior do gráfico é representado pela mediana. Os pontos extremos indicam os pontos máximos e mínimos.

Apesar dos maiores valores de biomassa na parte aérea (parte aérea= $2,1355$ \*parte subterrânea;  $R^2=0,92$ ) não houve diferença significativa nas relações alométricas de biomassa de raiz e parte aérea entre clareira e interior da floresta indicando que o padrão de alocação de recursos para estes compartimentos (aéreo e subterrâneo) permanece inalterado mesmo com a maior disponibilidade de luz em clareiras (Figura 3, Tabela 1).

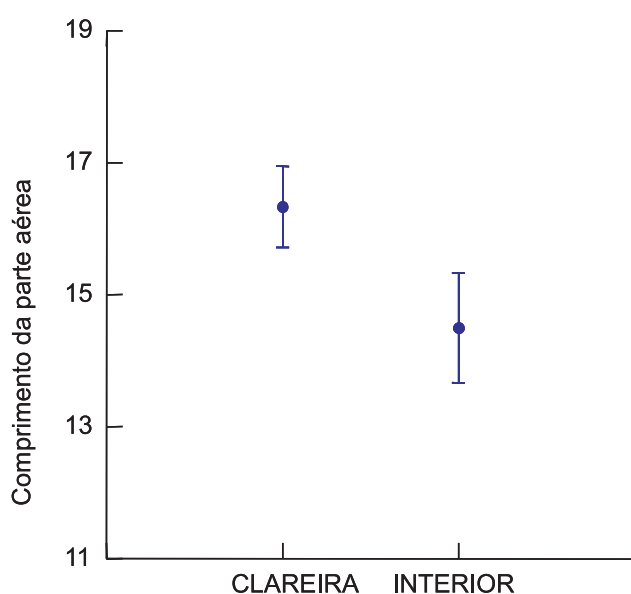


**Figura 3:** Resultado da análise de covariância de biomassa aérea e subterrânea entre clareira e interior. Clareiras apresentaram valores superiores de biomassa aérea em relação ao interior ( $p<0,001$ ). Não houve diferença significativa entre as áreas ( $p=0,97$ ).

**Tabela 1:** Resultados da análise de covariância de biomassa raiz e parte aérea entre áreas de clareira e interior. Embora exista diferença significativa entre o conteúdo de biomassa área e subterrânea, este incremento diferencial não é distinto entre os tipos de área estudadas.

Fonte	Soma dos quad.	df	Quadrado médio	F	P
Biomassa raiz	1164,547	1	1164,547	122,210	0,000
Local	0,007	1	0,007	0,001	0,979
Local * biomassa raiz	3,284	1	3,284	0,345	0,561

Em relação ao comprimento de raiz e caule, há uma diferença significativa, com maiores investimentos de comprimento para o crescimento do caule (caule =  $1,7543 * \text{raiz}$ ;  $R^2=0,82$ ). No entanto, de maneira similar ao investimento em biomassa, não há diferença entre as clareiras e o interior (Figura 4, Tabela 2).



**Figura 4:** Resultado da análise de covariância da relação alométrica entre comprimento de parte aérea e subterrânea. Embora os valores de comprimento da parte aérea sejam maiores nas clareiras não há diferença significativa entre os locais ( $p=0,06$ ).

## 5. DISCUSSÃO

Têm sido amplamente aceito na literatura que, mesmo em condições de maior disponibilidade de recursos, as plantas tendem a manter seu padrão de alocação de recursos, embora ocorra aumento no incremento de biomassa (Chapin, 1980). A hipótese de que a maior alocação de recursos de plântulas

em clareiras deve ocorrer preferencialmente para a parte aérea não se ajusta aos resultados deste estudo uma vez que o mesmo padrão, tanto de biomassa quanto de comprimento, ocorreu para o interior da floresta. Um dos motivos que podem ter levado a este resultado é o de que as medidas foram realizadas pontualmente com a “biomassa em pé” da comunidade de plântulas. A melhor maneira de avaliar esse incremento seria através da taxa relativa de crescimento das diferentes comunidades, que ao incluir o incremento de carbono por unidade de tempo seria capaz de nos fornecer indicações mais robustas acerca dos processos de crescimento e alocação de carbono entre os dois ambientes (Grime & Hunt, 1975). Uma sugestão para trabalhos futuros nessa linha é produzir estimativas que levem em consideração a área foliar das plantas em cada comunidade. Embora também seja uma medida pontual, este parâmetro fornece indicações da superfície de assimilação de carbono em cada comunidade (Larcher, 2000).

As clareiras não representam um ganho líquido de carbono para o incremento de biomassa para a comunidade florestal como um todo. Contudo, a corroboração da segunda hipótese indica que, as clareiras representam sítios de acúmulo de carbono na comunidade de plântulas sugerindo que embora não hajam diferenças entre áreas, os maiores valores de biomassa observados na parte aérea podem representar uma maior superfície fotossintetizante e consequentemente uma maior superfície de assimilação de carbono (Larcher, 2000). Assim, o maior acúmulo de parte aérea atuando de maneira conjunta ao maior número de indivíduos das clareiras (Santos, 2004) podem permitir a estas áreas de regeneração natural resgatarem o carbono perdido pela decomposição das árvores mortas na floresta. Além da densidade de plântulas nas clareiras, investigações sobre a taxa fotossintética, eficiência no uso da água e renovação foliar de cada espécie que compõe a comunidade tornam-se relevantes quando consideramos o efeito da heterogeneidade

**Tabela 2:** Resultado da análise de covariância entre comprimentos de raiz e caule de clareira e interior. Há maior investimento em comprimento de caule embora as diferenças não tenham sido significativas entre as áreas.

Fonte	Soma dos quad.	df	Quadrado médio	F	P
Comprimento raiz	66351,488	1	66351,488	971,332	<0,001
Local	60,814	1	60,814	0,890	0,346
Local * comprimento raiz	238,300	1	238,300	3,489	0,063

da composição de espécies (Santos, 2004) no fluxo de carbono florestal.

Uma vez que a não inclusão de florestas tropicais como drenos de carbono no Protocolo de Kyoto se devem a argumentos sobre a dinâmica de decomposição nas clareiras, estes resultados bastante preliminares podem dar início a estudos que caminhem no sentido de compreender o importante papel das clareiras no seqüestro de carbono atmosférico.

## 6. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente e especialmente o professor e amigo Glauco Machado por eu ter sido um dos escolhidos para este curso de campo e principalmente pelas conversas, conselhos e ensinamentos neste um mês de convivência. Agradeço a todos os professores que participaram deste curso nos ensinando com paciência e dedicação mesmo quando o cansaço (deles) já era enorme. Agradeço especialmente ao professor Paulo De Marco pelas discussões teóricas e estatísticas que certamente contribuíram muito para minha formação. Agradeço ao meu grande amigo Juruna e a Angelita pela amizade e por todos os ensinamentos, conselhos e galhofas. Por último, mas não menos importante agradeço a todos os alunos que se tornaram meus amigos e me fizeram sentir em casa, e em especial à tribo da galhofa (Bráulio Féla da Gaita, Rafael Bon Jovi e Sid-leish) pelo companheirismo, amizade, gargalhadas e aprendizados na Amazônia Central.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chambers, J. Q.; N. Higuchi; J.P.Schimel; L.V. Ferreira & J.M. Melack. 2000. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. *Oecologia*, 122:380-388

Chapin, F.S. III. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 233-260.

deMattos, E.A.; Braz, M.I.; Cavalin, P.O.; Rosado, B.H.P.; Gomes, J.G, Martins, L.S.T. & Arruda, R.C. 2003. Variação Espacial e Temporal em Parâmetros Fisiocológicos de Plantas. In: Pesquisas Ecológicas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação. pp.99-116, C. Rocha, F. Esteves & F. Scarano (ed.). PELD/CNPq/Site 05

Grime, J.P. & R. Hunt. 1975. Relative growth rate: its range and adaptative significance in a local flora. *Journal of Ecology*, 63: 393-422.

Larcher, W., 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, Rima artes e Textos.

Mooney, H.A. & S.L. Gulmon, 1982. Constraints on leaf structure and function on reference to herbivory. *Bioscience*, 32: 198-206

Pires-O'Brien, M.J. & C.M. O'Brien. 1995. *Ecologia e Modelamento de Florestas Tropicais*. Ministério de Educação e do Desporto. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.

Santos, B.A. 2004. Influência da distância geográfica na similaridade florística de clareiras e sub-bosque em uma floresta de terra firme na Amazônia Central. In: XIII Curso de Campo: Ecologia da Floresta Amazônica, neste volume.

Taiz, L. & E. Zeiger. 1998. *Plant Physiology*. 2 ed. Sinauer Associates, Inc Publishers.

Williams, M.; Y. Malhi; A. D. Nobre; E.B. Rastetter; J. Grace & M.G. Pereira. 1998. Seasonal variation in net carbon exchange and evapotranspiration in a Brazilian rain forest: a modeling analysis. *Plant, Cell and Environment*, 21: 953-968

Zar, J.H., 1984. *Biostatistical Analysis*. 2<sup>nd</sup> Edition. Prentice Hall. New Jersey.