

Ministério da Ciência e Tecnologia
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Programa de Pesquisa em Biodiversidade
PPBio Amazônia



PROTOCOLO
(Versão 1)

**BIOMASSA DE RAÍZES EM ECOSISTEMAS DE FLORESTA
OMBRÓFILA DENSE DE TERRAS BAIXAS (BR-319)**

José Luiz Purri da Veiga Pinto
INPA/LBA – GEOMA

Manaus - Amazonas
Abril de 2011

1. INTRODUÇÃO

Este protocolo tem como objetivo padronizar o método de coleta para estimar o estoque de biomassa de raízes nos módulos do PPBio distribuídos ao longo da rodovia BR-319 que liga Manaus a Porto Velho. A mensuração dos estoques de carbono nos seus diversos compartimentos e a compreensão e monitoramento de sua dinâmica são preponderantes para decisões adequadas em relação às políticas públicas ambientais, sociais e econômicas, que governos e sociedade tomarão neste século. Desta forma, as raízes finas e as camadas superficiais do solo, onde se encontra a maioria da biomassa de raízes, são especialmente interessantes no contexto das mudanças climáticas.

As questões abordadas neste protocolo são: (i) estimativas do estoque de biomassa e carbono subterrâneo contido em diferentes profundidades e classes de diâmetro das raízes, (ii) padrões gerais de distribuição espacial de raízes por fitofisionomias e classes de solo, (iii) propriedades químicas e físicas do solo e (iv) relação da biomassa de raízes com a hidrologia local. As respostas para estas questões possibilitam melhorias nas estimativas dos estoques de carbono em ecossistemas de floresta ombrófila densa de terras baixas na Amazônia, bem como na compreensão da relação da biomassa de raízes com outras variáveis ambientais. Este protocolo está sendo testado nos módulos do PPBio distribuídos ao longo da BR-319.

2. METODOLOGIA

2.1. Conceito Geral

Dentro dos inventários padronizados, preconizados pelo PPBio, as coletas devem seguir o método de inventário rápido (Rapid Assessment Protocols-RAP) com a finalidade de compatibilizar estudos futuros de monitoramento de ecossistemas (Pesquisa Ecológica de Longa Duração-PELD). Ao longo da BR-319 foram estabelecidos onze módulos de estudo, sendo que em cada um deles foram instaladas duas trilhas com cinco parcelas permanentes cada, seguindo a metodologia RAPELD (Magnusson, *et al.*, 2005), parte integrante da rede de estudos de parcelas permanentes padronizadas na Amazônia nos programas de pesquisa em biodiversidade <<http://ppbio.inpa.gov.br/>> do Ministério da Ciência e Tecnologia e parceiros.

Cada parcela¹, estabelecida nos módulos do PPBio, representará uma única amostra de biomassa de raízes ($n = 1$), relacionada a fitofisionomia, tipo de solo e hidrologia local, pois cada uma das parcelas é estabelecida dentro de uma mesma curva de nível que suporta as mesmas variáveis ambientais como: solos; disponibilidade de nutrientes; lençol freático; escoamento superficial; dentre outras, possibilitando comparações em escala espacial e condições ambientais compatíveis. O interflúvio entre os rios Purus e Madeira, por onde passa a BR-319, apresenta gradientes ambientais e características peculiares que são propícias para o entendimento dos processos ecológicos. Além disso, informações científicas são extremamente escassas e a rodovia está em vias de ser recuperada, podendo elevar, rapidamente, o desflorestamento na região.

As amostras de biomassa de raízes serão extraídas através de monólitos de solo florestal (Böhm, 1979) coletados no início (0 m), meio (125 m) e fim (250 m) das parcelas dos módulos do PPBio em cinco profundidades²: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. (conforme o Termo de Compromisso e Normas de Conduta na BR-319, disponível no site: <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/br319/infrageral>).

¹ Independente da localização geográfica ou da fitofisionomia dominante nos módulos PPBio, todas as parcelas estabelecidas em seu perímetro possuem comprimento de 250 m e seguem uma mesma curva de nível (ver detalhamento do desenho amostral em Magnusson et al. (2005) ou no portal do PPBio; <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/br319/>).

² Esta profundidade é sugerida como padrão inicial porque a literatura científica indica que neste intervalo existe a maior concentração de biomassa de raízes.

2.2. Desenho Amostral

Serão coletados 15 monólitos em cada módulo, num total de 165 monólitos ao longo da BR-319, com o propósito de analisar a relação da biomassa subterrânea em termos espaciais. Em cada monólito são possíveis 24 valores (6 camadas x 4 classes de diâmetro). Em cada parcela serão distribuídos, de maneira sistemática, três monólitos de solo florestal distantes de 125 metros entre si. Estes monólitos fornecerão os valores médios de biomassa subterrânea, até 50 cm de profundidade, para cada parcela.

A utilização desta metodologia justifica-se pelo seu relativo baixo custo material e operacional, baixo impacto ambiental, por produzir amostras de alta qualidade e também por estudos que verificaram que, em florestas tropicais, poucas raízes são encontradas abaixo de 1 m de profundidade, exceto as pivotantes, que podem alcançar até 8 m de profundidade (Nepstad *et al.*, 1994; Jackson *et al.*, 1996; Canadell *et al.*, 1996; Silva, 2007; e Pinto, 2009).

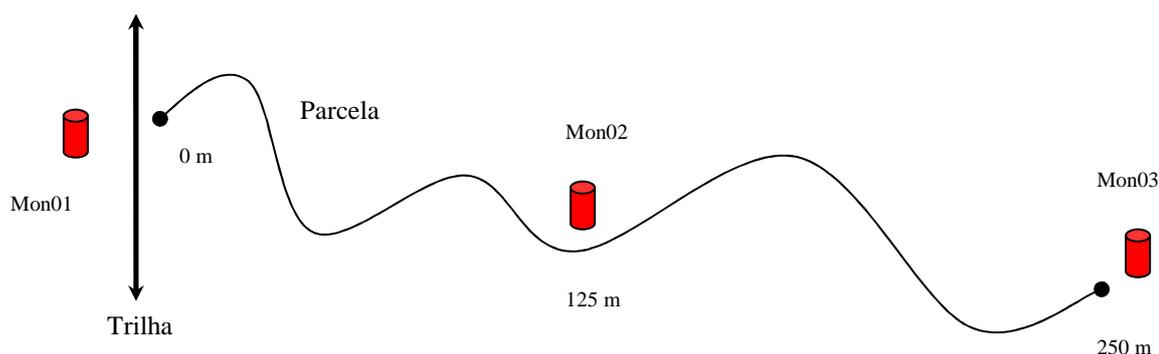


Figura 1. Esquema indicando os locais de coleta de biomassa de raízes em uma parcela amostral: monólito 01 na zona de extensão da parcela do outro lado da trilha; monólito 02 a 125 metros do início da parcela e 1 metro à esquerda da linha central; e monólito 03 a 250 metros do início da parcela.

De acordo com o Termo de Compromisso e Normas de Conduta da BR-319, as amostras destrutivas, como é o caso do monólito de solo florestal, devem ser realizadas fora das parcelas, em zonas especialmente delimitadas para estas atividades. Os três monólitos de solo florestal fornecerão os dados para o cálculo da média de biomassa de raízes para cada parcela. Apesar de ser destrutivo, o retorno do solo ao local escavado faz com que este método seja, relativamente, de baixo impacto para a floresta.

2.3. Descrição do Coletor

Para estimar a biomassa de raízes muito finas ($MF = \varnothing \leq 2 \text{ mm}$), finas ($F = 2 \text{ mm} < \varnothing < 5 \text{ mm}$), médias ($M = 5 \text{ mm} \leq \varnothing < 2 \text{ cm}$) e grossas ($G = \varnothing \geq 2 \text{ cm}$), acima e abaixo do nível do solo, em camadas de 10 cm, até a profundidade de 50 cm, em 55 parcelas distribuídas em 11 módulos de pesquisa (Metodologia RAPELD) ao longo da BR-319, será utilizado um monólito cilíndrico de solo florestal com volume de 35,35 litros, nas dimensões: 30 cm de diâmetro e 50 cm de altura. O anel de aço inoxidável, afiado em uma borda e reforçado na outra, possui as dimensões de 30 cm de diâmetro; 10 cm de altura; e 0,3 cm de espessura (Figura 2a). Será inserido no solo com pancadas de marreta até que atinja o nível desejado (cinco camadas de 10 cm cada). Com uma chapa de aço, nas dimensões de 32 cm x 32 cm e 0,5 cm, será realizada a incisão horizontal para a retirada de cada camada (volume = 7,07 litros). O processo se segue até a retirada da última camada (50 cm de profundidade). O método do monólito de solo (Figura 2b) foi amplamente utilizado para estudos agrônômicos, sendo bastante preciso para estimar a biomassa subterrânea (Böhm, 1979).

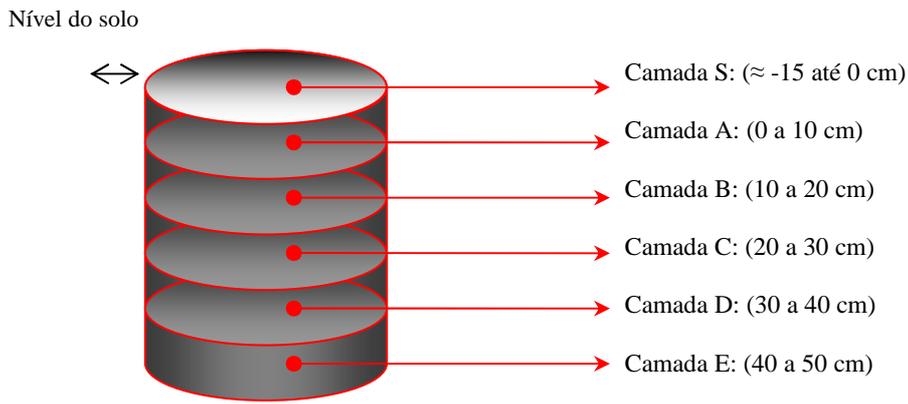


Figura 2a. Desenho esquemático do monólito de solo florestal com gradiente de profundidade. Dimensões: altura total (H) = 50 cm; diâmetro (D) = 30 cm; área (AS) = 706,858 cm²; volume por monólito = 35,35 litros; volume por camada = 7,07 litros.

Classes de diâmetro das raízes (CD)	
$\varnothing < 2 \text{ mm}$	Raízes muito finas - MF
$2 \text{ mm} \leq \varnothing < 5 \text{ mm}$	Raízes finas - F
$5 \text{ mm} \leq \varnothing < 20 \text{ mm}$	Raízes médias - M
$\varnothing \geq 20 \text{ mm}$	Raízes grossas - G



Figura 2b. Estudo de raízes através de monólito de solo florestal realizado em florestas secundárias. A seqüência de escavação segue até a profundidade desejada (geralmente em camadas de 10 cm) com anel de aço inox, tampa isoladora e chapa horizontal.

2.4. Amostragem de Solo

Os solos são especialmente importantes no estudo de raízes, pois determina, em grande parte, a alocação da biomassa em termos espaciais e quantitativos. Solos arenosos geralmente induzem a maiores valores de biomassa, quando comparado a solos argilosos (Pinto, 2009). Neste estudo será analisado a granulometria, a densidade aparente e o teor de carbono e nitrogênio dos solos de cada camada de cada monólito com a finalidade de estimar o estoque de carbono até 50 cm de profundidade. As amostras serão coletadas diretamente nos perfis dos solos oriundos da escavação dos monólitos através de cilindros de Kopecky (100 cm³), nas profundidades: 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; e 40-50 cm. As análises físico-químicas serão realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA (LTSP-INPA).

2.5 Parâmetros de Biomassa Aérea

Uma comparação essencial que devemos fazer em estudos de raízes é em relação à parte aérea da planta. Geralmente, em biometria florestal, a medida mais fácil e, portanto mais conhecida, é o DAP (diâmetro a altura do peito: 130 cm do nível do solo), com a qual é realizada a parametrização de equações alométricas para se estimar o volume e a biomassa de um determinado ecossistema florestal. Para efeitos de comparação com outros ecossistemas, conforme Castro & Kauffman (1998); Rodin (2004), o Cerrado brasileiro é frequentemente caracterizado como uma “floresta invertida”, em que a biomassa subterrânea é maior do que a aérea. Este padrão também é observado em outras savanas mundiais Jackson *et al.* (1996). A relação raiz/parte aérea para o Cerrado é de 2,7. Na Amazônia esta relação varia entre 0,17 (Klinge & Herrera, 1978) e 0,25 (Malhi *et al.* 1999) para florestas maduras de terra-firme. Para florestas secundárias na Amazônia Central, com idades variando entre 14 e 25 anos, a média da relação raiz/parte aérea, foi de 0,11 (Pinto, 2009).

Diversos estudos estão sendo realizados na BR-319, dentre eles, o da aluna de doutorado em Ecologia do INPA Juliana Schiatti. Seu estudo produzirá informações sobre biomassa aérea; mapeamento; área basal; e densidade de árvores, as quais podem ser relacionadas com a biomassa de raízes e outras variáveis de interesse, produzindo assim, informações detalhadas sobre o estoque e compartimentalização de carbono nesta região, tão desconhecida cientificamente. Estas informações são a base para a construção e aprimoramento de modelos matemáticos de estoque e fluxo de carbono na biosfera.

2.6. Triagem das Raízes

O processo de escavação dos monólitos se dá com a retirada, acondicionamento e identificação das raízes superficiais, contendo fragmentos de necromassa, para posterior separação nos acampamentos do PPBio através de flotação³. Para as camadas A, B, C, D e E, a separação de raízes e solo ocorre no próprio local, através do destorroamento e catação manual em superfícies apropriadas (plásticos), acondicionamento e identificação da biomassa por camada e por monólito (Figura 3). Para as camadas A, B, C, D e E, realiza-se apenas a lavagem das raízes. Ambos os processos necessitam de água para sua realização. Após a limpeza, faz-se a medição, através de paquímetro e separação em quatro classes de diâmetro (CD), sendo elas: muito finas (MF = $\emptyset < 2$ mm); finas (F = $2 \text{ mm} \leq \emptyset < 5$ mm); médias (M = $5 \text{ mm} \leq \emptyset < 20$ mm); e grossas (G = $\emptyset \geq 20$ mm). Após a lavagem e separação por CD, as raízes são transferidas para sacos de papel (Figura 3) devidamente identificados e a biomassa determinada no Laboratório Temático de Solos e Plantas - LTSP-INPA, através de balança de precisão (0,001g) após secagem em estufa a 70 °C até a obtenção do peso constante.

³ Processo de separação de misturas através de diferenças na densidade e propriedades superficiais dos materiais, como hidrofobia. Esta técnica, juntamente com a observação do material manipulado, possibilita a separação de raízes da serapilheira.



Figura 3. Exemplo de separação de raízes por flotação, catação manual e classes de diâmetro. Estudo realizado somente com 4 camadas: S; A; B; e C, nas profundidades: 0-10; 10-20; e 20-30 cm. Verificou-se alta correlação negativa de raízes MF em relação à profundidade para todas as amostras (Pinto, 2009).

A identificação a ser colocada nos sacos plásticos quando na escavação de cada monólito deve seguir o exemplo de atributos: sítio (BR-319); módulo (M01); trilha (TN); parcela (P500); monólito (Mon01); e camada (S). Nos sacos de papel, além destas, deve conter a separação por classes de diâmetro: MF, F, M ou G.

2.7. Análises Laboratoriais

2.7.1. Estoque de Carbono nas Raízes

Para realizar as análises químicas das raízes faz-se uma amostra composta com os somatórios das classes de diâmetro das camadas dos três monólitos de cada parcela, de tal forma que cada parcela fornecerá 24 possíveis dados: 6 por camada (S, A, B, C, D e E) e 4 por CD (MF, F, M e G). No entanto, alguns destes valores podem ser iguais à zero, por não serem detectados no experimento ou serem insuficientes após a moagem. Neste experimento não haverá separação das raízes por espécie, podendo ocasionar valores relativos dos teores de um determinado elemento, pois determinadas espécies têm necessidades nutricionais diferentes. As amostras devem ser moídas integralmente, com o propósito de homogeneizar o material e retirar a porção necessária para as análises químicas. Serão analisados nas raízes os teores de C e N através de combustão a seco seguida de cromatografia gasosa – FISON Instruments – VarioMAX CN; (Anderson & Ingram, 1993). Em geral, o teor de carbono nas raízes é de 50% (Gifford, 2000), mas em raízes muito finas este valor cai para 43% (Pinto,

2009), devido à maior atividade fisiológica desta CD. Com os valores de biomassa e teor de carbono nas raízes podemos chegar ao estoque de carbono neste compartimento e, através da área do monólito, podemos extrapolar para (Mg C ha^{-1}), unidade comumente utilizada nos modelos de fluxo de carbono na biosfera.

2.7.2. Granulometria e Estoque de Carbono do Solo

Cada parcela fornecerá, inicialmente, três amostras para cada camada de solo. Estas três amostras formarão uma amostra composta para cada camada, de maneira que cada parcela fornecerá cinco amostras de solos (uma para cada camada) para as devidas análises químicas e físicas. As amostras compostas são colocadas para secar ao ar (TFSA) e utiliza-se uma peneira de 2 mm para limpeza e preparo das amostras. Serão analisadas as características físicas e químicas de um total de 275 amostras de solo. A metodologia utilizada para a granulometria será a da Embrapa (1997). As análises químicas e físicas dos solos serão realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP/INPA.

Para calcular o estoque de carbono no solo utiliza-se a fórmula: ($EC = C * D_a$) onde: EC = estoque de carbono (Mg C ha^{-1}); C = Teor de carbono no solo (g kg^{-1}); D_a = densidade aparente do solo (g cm^{-3}). Os teores de C e N no solo serão obtidos através de combustão a seco seguida de cromatografia gasosa – FISOONS Instruments – VarioMAX CN; (Anderson & Ingram, 1993). Os valores de densidade aparente do solo são obtidos através da razão: massa do solo seco/volume do cilindro de Kopecky (100 cm^3).

Em geral, 39-70% do carbono orgânico total na camada de 0-100 cm de solo mineral está presente nos primeiros 30 cm e 58-81% nos primeiros 50 cm. Perdas ou aportes de carbono do solo são maiores no horizonte superficial, 0-15 cm (Machado, 2005). Jobbagy and Jackson (2000), encontraram percentagens de carbono orgânico do solo, nos primeiros 20 cm de profundidade (relativo ao primeiro metro de profundidade), de 33%, 42% e 50% para ecossistemas arbustivos, savanas e florestas, respectivamente. Novaes Filho *et al.* (2007), encontraram a média de $59,74 \pm 10,30 \text{ Mg C ha}^{-1}$, até a profundidade de 60 cm, para quatro microbacias na região de Juruena-MT. De acordo com Batjes e Dijkshoorn (1999), as principais classes de solos da Amazônia são os Argissolos e Latossolos, que representam 24,8 e 24,6% da área total, com média do estoque de carbono do solo (profundidade de 0-30 cm) de 44,0 e 50,5 Mg C ha^{-1} , respectivamente. Pinto (2009) encontrou estoques de carbono orgânico total para as camadas (0-10; 10-20; e 20-30 cm) de, respectivamente: 24,5; 20,0; e 15,6 Mg C ha^{-1} , para florestas secundárias na Amazônia Central.

2.8. Período Amostral

O investimento em biomassa depende fortemente do estágio sucessional e sazonal de um determinado ecossistema. Dependendo das condições climáticas e edáficas, como época chuvosa ou seca, as plantas investem, preferencialmente, no crescimento da parte aérea ou subterrânea. O carbono do solo se encontra em diferentes compartimentos com diferentes taxas de transformação. De acordo com Machado (2005), o Protocolo de Quioto está essencialmente interessado nos fluxos de carbono, ou seja, mais nas mudanças nos níveis de carbono que nos teores ou estoques de carbono num determinado compartimento do solo. Entretanto, a avaliação dos diferentes compartimentos de carbono no solo, bem como de sua dinâmica, são imprescindíveis para a identificação de usos e manejos do solo que promovam o seqüestro de carbono. O ideal é que houvesse coletas sistemáticas e periódicas de biomassa de raízes para avaliar sua distribuição espacial em relação à sazonalidade e regime hídrico (Nepstad *et al.*, 1994; Oliveira *et al.*, 2005; Vargas *et al.* 2008). Neste contexto, o estudo que propomos fornecerá as informações iniciais de estoque de biomassa subterrânea nos onze módulos do PPBio distribuídos ao longo da BR-319. As coletas deste estudo preliminar vão de junho a dezembro de 2011.

3. RESULTADOS ESPERADOS

3.1. Padrão de Distribuição Vertical

Espera-se que a profundidade, a partir do nível do solo, esteja influenciando direta e inversamente na quantidade de biomassa subterrânea em todos os módulos estudados (Figura 4). Este Padrão de distribuição vertical de raízes é comum para a maioria dos ecossistemas, principalmente em florestas tropicais, onde, na escassez de nutrientes em solos altamente lixiviados, as raízes buscam nutrientes provenientes da serapilheira. Este comportamento reflete o mecanismo de retroalimentação de florestas tropicais, Luizão (1989); Poggiani & Schumacher (2000).

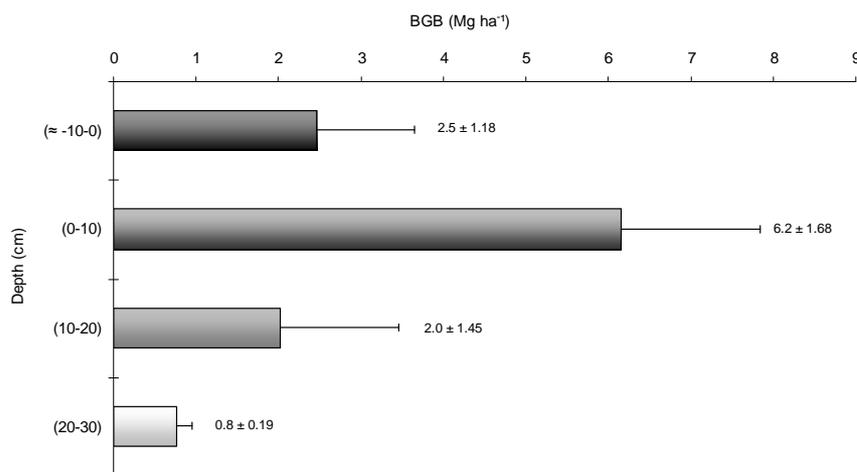


Figura 4. Valores médios de biomassa subterrânea (Mg ha^{-1}) e seus intervalos de confiança em florestas secundárias na Amazônia Central (PDBFF) nas profundidades: (S \approx -10-0 cm, A = 0-10 cm, B = 10-20 cm e C = 20-30 cm).

São esperadas diferenças de alocação de biomassa em função da profundidade de acordo com os gradientes ambientais que a BR-319 proporciona. Na região de Humaitá, por exemplo, onde o período seco é maior, espera-se que as raízes sejam mais profundas, independentemente da CD. No entanto, o decréscimo de biomassa, considerando-se o nível do solo como referencial, acontece para a maioria dos ecossistemas, sendo mais abrupto em florestas tropicais. A vegetação concentra seu desenvolvimento radicular nas camadas mais superficiais do perfil do solo, provavelmente porque os solos amazônicos concentram seus nutrientes nas camadas superficiais, induzindo o sistema radicular a desenvolver-se nestas camadas.

3.2. Diâmetro das Raízes

Levando-se em conta as CD, espera-se uma correlação negativa da biomassa com a profundidade ainda mais forte em relação às MF, pois esta categoria é a principal responsável pelo transporte de água e nutrientes do solo para a planta, enquanto que as raízes G têm como função o estoque de nutrientes e carbono (Tufekcioglu *et al.*, 1999). Além disso, devemos considerar outra importante função das raízes como estrutura de sustentação dos indivíduos, estando sujeitas, portanto, às forças de pressão e tração, que as impelem ao desenvolvimento de uma estrutura lenhosa mais resistente, aumentando sua densidade básica e concentrando carbono e cálcio nestas estruturas.

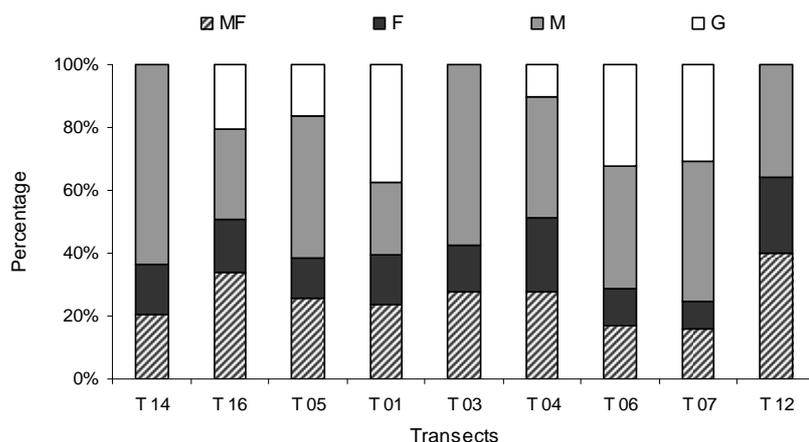


Figura 5. Valores percentuais (%) das classes de diâmetro: muito fina (MF = $\emptyset < 2$ mm); fina (F = $2 \text{ mm} \leq \emptyset < 5$ mm); média (M = $5 \text{ mm} \leq \emptyset < 20$ mm); e grossa (G = $\emptyset \geq 20$ mm) em florestas secundárias de diferentes idades e uso do solo na Amazônia Central.

Podemos observar, na figura 5, que as raízes menores que 2 mm de diâmetro correspondem a aproximadamente 30% da biomassa total (até 30 cm de profundidade) para os diferentes transectos estudados. No entanto, tal CD é considerada como necromassa pelo IPCC. Estas raízes desempenham importantes funções na ciclagem de nutrientes, mas também são importantes no balanço de carbono na biosfera, apesar da sua alta reciclagem “turnover”.

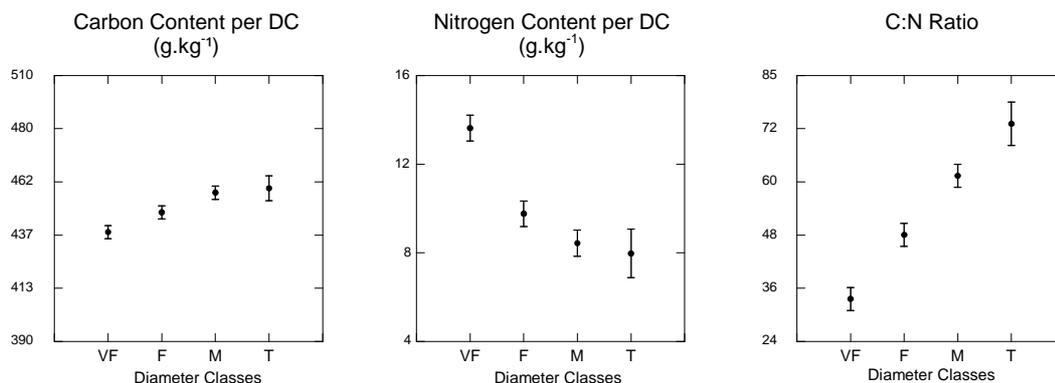


Figura 6. Quadrados mínimos dos teores de carbono e nitrogênio (g kg^{-1}) e relação C:N na biomassa de raízes em relação às classes de diâmetro.

Raízes G apresentam maiores teores de carbono em sua biomassa (Figura 6), pois exercem função de tecido xilemático, servindo como condutor de solutos, com menor atividade fisiológica e maior estruturação física através das cadeias de celulose, hemicelulose e pectatos de cálcio. De maneira análoga e contrária, comportam-se os teores de nitrogênio, onde raízes muito finas e finas estão em maior atividade de crescimento e fisiologicamente bem mais ativas que as grossas. Outro fator que contribui para os maiores teores de nitrogênio nas raízes MF é a maior superfície específica desta CD e sua estreita relação com fungos micorrizos. A relação antagônica dos teores de carbono e nitrogênio na biomassa de raízes, em função da CD, é visualizada na relação C:N, onde raízes G possuem cerca de duas vezes mais carbono que nitrogênio na sua composição, em comparação com as raízes MF (Pinto, 2009).

3.3. Relação da Biomassa subterrânea com os solos

Geralmente existem maiores valores de biomassa de raízes em solos arenosos, pois estes são mais pobres em nutrientes do que os solos argilosos, forçando um aumento da área superficial das raízes para suprir as demandas nutricionais da planta. Nas regiões ao Norte de Manaus, Reserva Ducke e ZF2, por exemplo, existe alta correlação entre granulometria e altitude, sendo que em platôs predominam solos argilosos e nos baixios solos arenosos. Existe maior biomassa aérea nos platôs e menor nos baixios, sendo o inverso para a biomassa subterrânea, justificando a distribuição da biomassa em função das características locais de cada indivíduo. No entanto, para a BR-319, estudos preliminares de granulometria indicam alta percentagem de silte nos solos, sendo imprudente transpor, neste momento, tal Teoria para a região do interflúvio Madeira-Purus. O estudo de raízes nas áreas do PDBFF revelou interessantes relações de biomassa e teores de nutrientes com a textura do solo (Figura 7). Solos argilosos apresentam maior capacidade de retenção de água, matéria orgânica e nutrientes, geralmente estes solos propiciam menores valores de biomassa subterrânea.

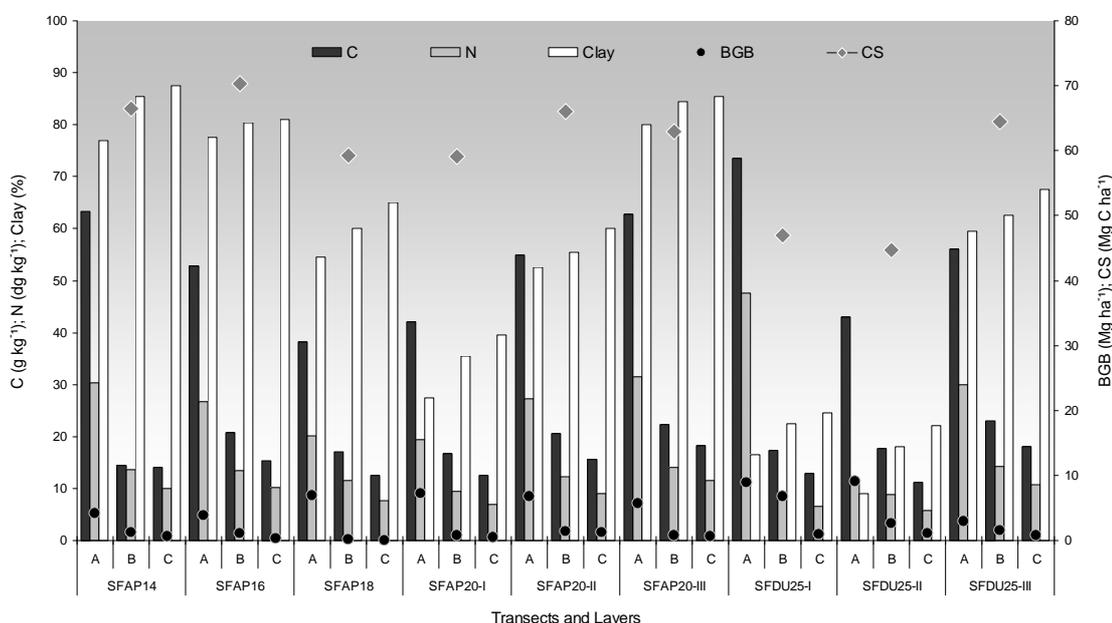


Figura 7. Teor de carbono (g kg^{-1}); teor de nitrogênio (dg kg^{-1}); porcentagem de argila; biomassa subterrânea (Mg ha^{-1}); e estoque de carbono (Mg C ha^{-1}) nos solos das capoeiras do PDBFF. (SFAP) significa florestas secundárias crescidas em pastagens abandonadas e (SFDU) florestas secundárias crescidas em capoeiras onde não houve queima. Os números à frente são as idades de cada capoeira e os algarismos romanos diferenciam as áreas de mesma idade e uso da terra.

O RADAMBRASIL (1978) identificou as seguintes classes de solos na região do interflúvio Madeira-Purus: Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Escuro, Podzólico Vermelho Amarelo, Planossolos, Solos Concrecionários Lateríticos, Lateritas Hidromórficas, Hidromórfico Cinzento, Solos Hidromórficos Gleizados, Areias Quartzosas, Solos Aluviais e Solos Litólicos. Nem todos estes tipos estão presentes na área de estudo já que a Folha Purus engloba porções mais a sul, onde ocorrem rochas de outras idades e outras gêneses. No entanto, nas coletas de solos durante a instalação de piezômetros na BR-319, percebemos visualmente os seguintes tipos: Plintossolos; Argissolos; Gleissolos; Espodossolos (antigo podzol) e Latossolos. Ao término das análises teremos informações precisas dos tipos de solos presentes em cada parcela de cada módulo. Contudo, espera-se que a biomassa de raízes varie da seguinte forma com as classes de solos:

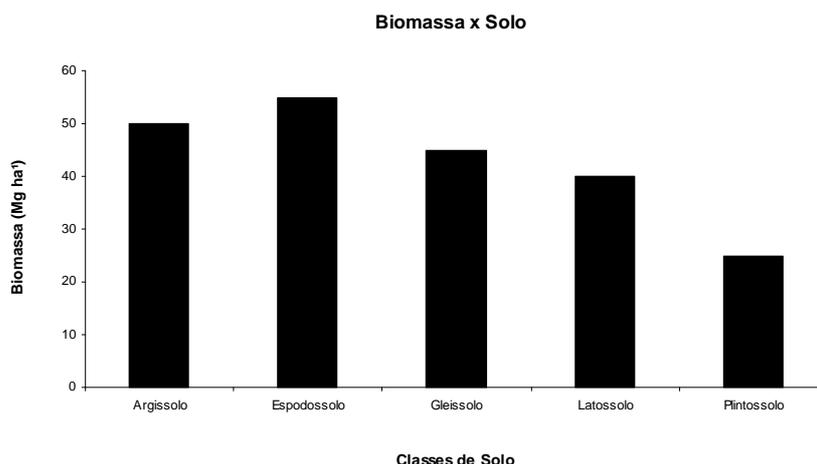


Figura 8. Valores esperados de biomassa subterrânea para as diferentes possíveis classes de solo na BR-319.

Devemos ter em mente, obviamente, que nossa variável direta (biomassa de raiz) é influenciada concomitantemente por diversas variáveis indiretas, tais como: fitofisionomia, pluviosidade, disponibilidade de nutrientes, altura do lençol freático, condições de anoxia, dentre outras, podendo levar a diferentes comportamentos em relação às principais classes de solos. De maneira geral, espera-se que em solos mais arenosos existam maiores valores de biomassa de raízes.

4. SÍNTESE DO PROTOCOLO

Item	Ação
1	Identificação fitofisionômica de cada uma das parcelas e investigação sobre a classificação do tipo de solo onde as parcelas estão estabelecidas.
2	Marcação com GPS do local onde cada um dos três monólitos de solo será escavado dentro de cada parcela.
3	Escavação do monólito com a separação das raízes por camadas e acondicionamento em sacos plásticos. Separação da camada superficial por flotação <i>a posteriori</i> e das camadas abaixo do nível do solo por catação manual <i>in loco</i> .
4	Coleta de solos com cilindros de Kopecky nas profundidades: 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; e 40-50 cm no perfil formado pela escavação do monólito para cálculo da densidade aparente do solo e análise granulométrica, retornando o solo revolvido ao local escavado para mitigação dos impactos causados.
5	Lavagem, separação em classes de diâmetro, identificação e acondicionamento em sacos de papel para secagem em estufa (70 °C) até a obtenção do peso constante.
6	Pesagem do material em balança de precisão (0,001 g).
7	Moagem e formação das amostras compostas da biomassa de raízes (junção das classes de diâmetro dos três monólitos) para a realização das análises de C e N com 24 possíveis valores para cada parcela.
8	Análise de C e N nos solos com 5 valores para cada parcela (1 por camada).
9	Armazenamento do material excedente para eventuais análises futuras.
10	Processamento estatístico e análise de dados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J.M., Ingram, J.S.I., 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. CAB International, Wallingford. 221p.
- Batjes, N.H., Dijkshoorn, J.A., 1999. Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon Region. *Geoderma*, vol. 89, pp.273-286.
- Böhm, W. 1979. *Methods of studying root systems*. Springer-Verlag, Berlin.
- Canadell, J.; Jackson, R.B.; Ehleringer, J.R.; Mooney, H.A.; Salla, O.E.; Schulze, E.D. 1996. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia*. n. 108. p. 583-595.
- Castro, E.A.; & Kauffman, J.B. 1998. Ecosystem structure in Brazilian Cerrados: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*. n. 14. p. 263-283.
- EMBRAPA, 1997. *Manual de Métodos de Análises de Solo*. Centro Nacional de Pesquisas de Solos – CNPS. Edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, pp. 212.
- Gifford, R.M. 2000. Carbon content of woody roots (Revision 1). Australia, National Carbon Accounting Systems. Technical Report n. 7: p. 10.
- Jackson, R.B.; Canadell, J.; Ehleringer, J. R.; Mooney H.A.; Sala, O.E.; Schulze E. D. 1996. A Global Analysis of Root Distributions for Terrestrial Biomes. *Oecologia*, n. 108, p. 389-411.
- Jobbagy, E.G., Jackson, R.B., 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), pp. 423– 436.
- Klinge, H; & Herrera, R. 1978. Biomass studies in Amazon caatinga forest in southern Venezuela: standing crop of composite root mass in selected stands. *Tropical Ecology*. n. 19: p. 93-100.
- Luizão, F.J. 1989. Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. *GeoJournal*, 19(4): 407-417.
- Machado, P.L.O. de A., 2005. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Embrapa Solos – RJ. Química Nova*, vol. 28, n. 2. pp. 329-334.
- Magnusson W.E., Lima A.P., Luizão R.C., Luizão F.J., Costa F.R.C., Castilho C.V. & Kinupp V.F. 2005. RAPELD: uma modificação do método de Gentry para inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração. *Biota Neotropica*. 5: 1-6.
- Malhi, Y; Baldocchi, D.D; Jarvis, P.G. 1999. The carbon balance of Tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell and Environment*. n. 22. p. 715-740.
- Nepstad, D.C; De Carvalho, C.R; Davidson, E.A. et al. 1994. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycle of Amazonian forests and pastures. *Nature*, n. 372, p. 666–669.
- Novaes Filho, J.P., Selva, E.C., Couto, E.G., Lehmann, J., Johnson, M.S., Riha, S.J., 2007. Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia Meridional. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.1, pp.83-92.
- Oliveira, R.S.; Bezerra, L.; Davidson, E.D.; Pinto, F.; Klink, C.A.; Nepstad, D.; Moreira, A. 2005. Deep root function in soil water dynamics in Cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology*, 19: 574-581.
- Pinto, J.L.P.V. 2009. *Biomassa, volume e nutrientes de raízes em florestas secundárias na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado – INPA/UFAM. 94 p.
- Poggiani, F. & Schumacher, M.V. 2000. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, p. 287-308.
- RADAMBRASIL, 1978. <<http://www.projeto.radam.nom.br/plubi.html>> Acessado em 31/05/2001 às 00:30.

Rodin, P. 2004. Distribuição da biomassa subterrânea e dinâmica de raízes finas em ecossistemas nativos e em pastagem plantada no cerrado do Brasil Central. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília – DF, Brasil.

Silva, R.P. 2007. Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM). Tese de doutorado – INPA/UFAM. 151 p.

Tufekcioglu, A.; Raich, J.W.; Isenhardt, T.M.; Schultz, R.C. 1999. Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. *Agroforestry Systems* n. 44, pp. 163-174.

Vargas, R., Allen, M.F., Allan, E.B., 2008. Biomass and carbon accumulation in fire chronosequence of a seasonally dry tropical forest. *Global Change Biology*, n. 14, pp. 109-124.