

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



**PROTOCOLO
(Versão 2)**

BIOMASSA DE RAÍZES EM ECOSISTEMAS DE SAVANA

**Reinaldo Imbrozio Barbosa
INPA/CPEC - PPBio/NR-RR**

**Jhonson Reginaldo Silva Santos
Mestrando - UFRR/PRONAT**

**Boa Vista – Roraima
Dezembro de 2009**

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste protocolo é o de apresentar um método padronizado para estimar o estoque de biomassa de raízes para as grades de savana do PPBio. As questões associadas a este protocolo estão ligadas às (i) estimativas do estoque de biomassa e carbono subterrâneo contido em diferentes categorias de diâmetro das raízes, (ii) aos padrões gerais de sua distribuição vertical por fitofisionomias e classes de solo e (iii) às propriedades químicas e físicas do solo. Todas estas questões também providenciam a base para o cálculo da relação raiz:parte aérea (*root:shoot*) com o intuito de refinar as estimativas dos estoques de carbono em ecossistemas de savana na Amazônia. Este protocolo foi testado nas grades de savana do PPBio em Roraima (UFRR/Cauamé e Embrapa/Água Boa).

2. METODOLOGIA

2.1 Conceito Geral

Cada parcela¹ estabelecida nas grades do PPBio representará uma única amostra de biomassa de raízes ($n = 1$), relacionada a uma fitofisionomia e a uma tipologia de solo. Isto porque cada uma das parcelas é estabelecida dentro de uma mesma curva de nível que suporta as mesmas variáveis ambientais (nutrientes, topografia, lençol freático, etc). Desta forma, o desenho amostral preconiza que antecipadamente cada parcela deva ser totalmente vistoriada para definição de sua fitofisionomia até “subclasse de formação” (savana parque, savana gramíneo-lenhosa, etc.), conforme o sistema de classificação da vegetação brasileira (IBGE, 1992). Da mesma forma, deve ser estabelecida a categoria do solo conforme o novo sistema de classificação de solos do Brasil (Embrapa, 2006). Neste último caso, estudos pedológicos específicos devem ser realizados com antecedência, como foi o caso da grade da UFRR estabelecida no *Campus* Experimental do Cauamé, Monte Cristo-Roraima (Benedetti, 2007). Isto evita descrições e classificações equivocadas derivadas de observações superficiais.

2.2 Desenho Amostral

A amostra de biomassa de raízes é extraída de um conjunto de quatro subamostras de solo coletadas alternadamente ao longo dos 250 m de comprimento de cada uma das parcelas em 5 profundidades²: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-50 cm.

O esquema de amostragem determina que a primeira subamostra seja coletada à direita (D) do marco³ de 50 metros, perpendicularmente a uma distância de 5 m, tendo como referência o caminhamento base entre os marcos 0 m e 250 m (Figura 1)⁴. Este procedimento deve ser realizado de forma alternada aproveitando os marcos de 100 m (E - esquerda), 150 m (D) e 200 m (E). O objetivo deste desenho foi o de captar o maior nível de variabilidade dentro do intervalo central de cada parcela excluindo-se

¹ Independente da localização geográfica ou da fitofisionomia dominante nas grades do 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/instalacao/instalacaogrades/document_view).

² Esta profundidade é sugerida como padrão inicial porque a maior parte da literatura especializada indica que neste intervalo há uma maior concentração de biomassa de raízes.

³ Cada parcela de savana é delimitada em campo por “marcos” formados por barras de ferro distanciadas de 10 m em 10 m para facilitar o caminhamento ao longo da mesma.

⁴ Todas as investigações nas parcelas de savana do PPBio em Roraima não ultrapassam a largura máxima de 5 m da linha central de caminhamento, portanto, a amostragem de raízes (destrutiva) não afeta os demais projetos.

os marcos inicial (0 m) e final (250 m). Estes são os mais expostos ao trânsito e a parada de pessoas para descanso.

A direção, para esquerda (E) ou direita (D), da subamostragem pode ser alternada caso o local exato da coleta tenha algum tipo de impedimento como trilhas, estrada, material rochoso, fundo de igarapé ou lago⁵. Em qualquer outra situação o desenho deverá permanecer da forma original para manter a representatividade da variabilidade natural da fitofisionomia e/ou do tipo de solo.

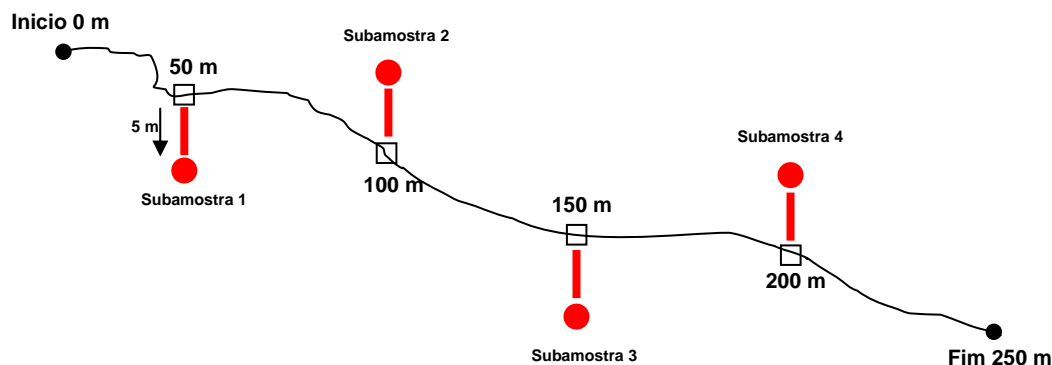


Figura 1 – Esquema indicando os locais de coleta de biomassa de raízes em uma parcela amostral.

2.3 Descrição do Coletor

Cada subamostra é obtida através de um coletor de 0,8 m de comprimento por 0,1 m de diâmetro adaptado para coletas a profundidades de até 0,5 m (Figura 2). O coletor é um monolito tubular confeccionado em material metálico com 2 mm de espessura e graduado de 10 cm em 10 cm no sentido de prover informações independentes sobre diferentes profundidades no perfil do solo. O coletor possui também uma haste de rosca de 1 m de comprimento com um complemento circular de 9,9 cm de diâmetro em sua ponta (0,1 cm inferior ao diâmetro do tubo metálico do coletor). A haste e o complemento circular servem para auxiliar a extração do solo do interior da coluna, funcionando como um êmbolo. No ato do posicionamento de inserção do coletor no solo (ver item 2.5), o disco metálico é colocado dentro do mesmo e, em seguida, a haste é fixada ao disco para que, posteriormente à coleta do solo, o sistema permita que se faça pressão de cima para baixo. O objetivo da haste com o disco é o de possibilitar a extração total ou de partes (10 cm em 10 cm) da coluna de solo fixada dentro do coletor. O desenho do coletor foi baseado no sistema *Plant Root Sampling* (P3.01 – Single Root Auger) elaborado pela Eijkelkamp Agrisearch Equipment (www.eijkelkamp.com). Coletores de menor diâmetro e maior comprimento total, para avaliações em profundidades maiores, podem ser utilizados sem nenhum tipo de prejuízo dos passos seguidos deste protocolo.

⁵ A inversão de uma subamostra não implica na troca de posicionamento das demais.

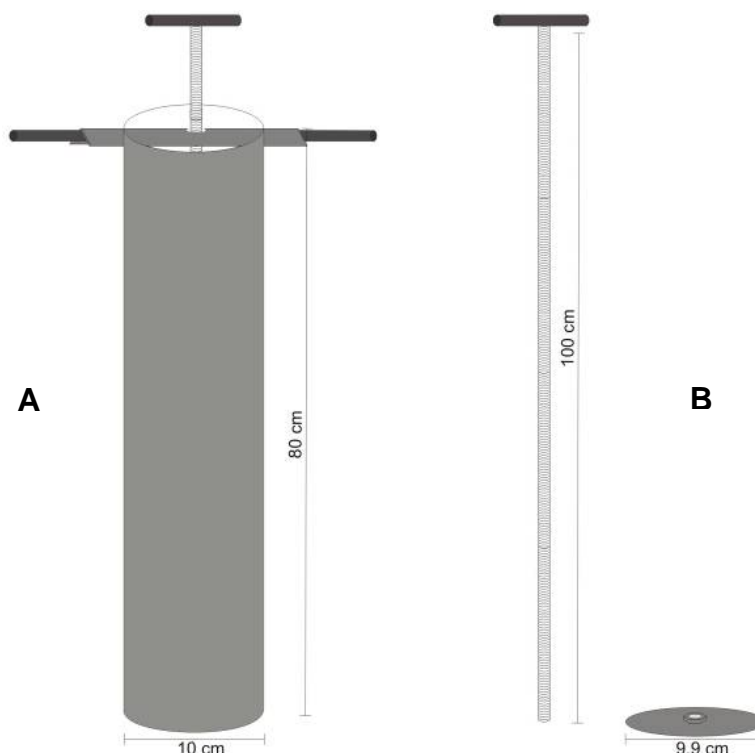


Figura 2 – Esquema geral do coletor de raízes baseado no sistema *Plant Root Sampling* (P3.01 – Single Root Auger) elaborado pela Eijkelkamp Agrisearch Equipment (www.eijkelkamp.com); (A) estrutura do Coletor e (B) haste de 1 m com complemento circular (9,9 cm) para extração e controle da amostragem vertical.

2.4 Estimativa da Biomassa Aérea

Para calcular a relação *root:shoot* é necessário realizar uma amostragem da biomassa aérea no local de cada ponto onde será realizada cada coleta de solo (subamostra). Após identificar os quatro pontos situados perpendicularmente à 5m na linha principal de cada parcela (rever Figura 1), deve-se realizar uma coleta destrutiva da vegetação acima do solo utilizando um gabarito (madeira ou metal) de área igual a 1 m² (1 m x 1m) (Figura 3a). Este gabarito possui como centro o exato ponto da subamostragem (5 m perpendiculars à linha da parcela; D ou E) (Figura 3b). A coleta da biomassa aérea deve ser realizada antes da amostragem do solo.

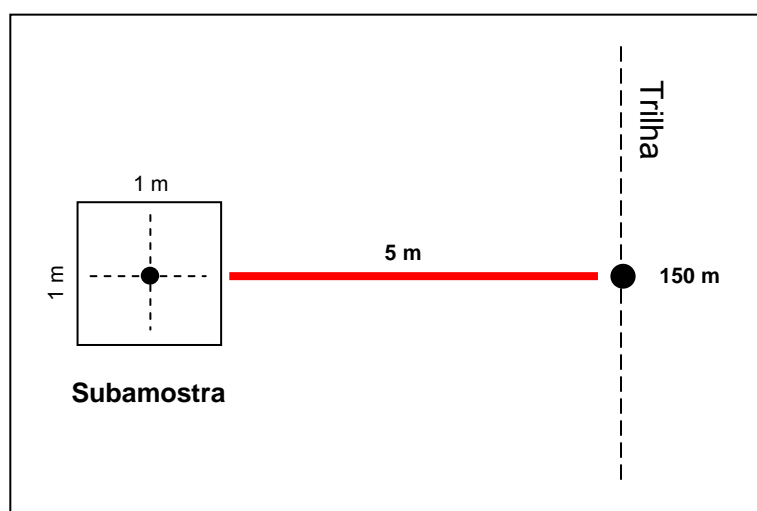


Figura 3a – Esquema do estabelecimento do gabarito para amostragem da biomassa aérea.



Figura 3b – Exemplo do estabelecimento do gabarito com o indicativo do local da coleta de solo ao centro do mesmo.

2.4.1 Biomassa Herbácea

Toda a biomassa aérea herbácea (Poaceae, Cyperaceae, ervas e plântulas com diâmetro de base inferior a 2 cm) deve ser cortada rente ao solo com o auxílio de lâminas metálicas e pesada com balança mecânica (tipo pesola) para obtenção de seu peso úmido total no ponto da subamostra. Ainda em campo, deve ser extraída uma amostra composta de biomassa de 100-200 g (peso úmido) para ser levada ao laboratório para determinação de seu peso seco. O peso do saco plástico (previamente averiguado) deve ser descontado do total observado⁶. Esta etapa do trabalho serve de base para a estimativa da biomassa de cada parcela por meio da média simples do peso seco obtido nas quatro subamostras. Este valor representa o estoque ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de biomassa herbácea acima do solo presente em cada parcela⁷.

2.4.2 Biomassa Arbóreo-arbustiva

No caso do gabarito se situar onde caule(s) de árvore(s) ou arbusto(s)⁸ esteja(m) presente(s), deverá ser usado um esquadro de barbante mantendo o centro da parcela em sua forma original. Isto deve ser feito no sentido de se evitar o deslocamento do gabarito ou mesmo ter que cortar os indivíduos. Desta forma, o indivíduo deve ter seus parâmetros alométricos dimensionados: Db= diâmetro de base medido à 2 cm de distância do solo; Dc= diâmetro da copa reconhecido como a média do maior e do menor diâmetro da copa do indivíduo; Ht= altura total. Estes parâmetros servem de base para determinação da biomassa arbóreo-arbustiva aérea a partir de

⁶ Antes do início dos trabalhos de campo, deve-se determinar um valor padrão para “desconto” dos sacos (recomendável plástico ao invés de papel) estabelecido pela média de 10 sacos.

⁷ Em caso de interesse do investigador, a biomassa ainda pode ser dividida em viva e morta.

⁸ O estrato arbóreo-arbustivo é composto por indivíduos lenhosos com diâmetro de base (Db) \geq 2 cm.

um modelo de regressão. No caso das savanas de Roraima este modelo foi definido em Barbosa & Fearnside (2005). Caso o indivíduo lenhoso não esteja contido totalmente dentro do gabarito, deverá ser feita uma estimativa (em %) de sua presença dentro da área de 1 m². Este procedimento serve para calcular a biomassa arbóreo-arbustiva⁹.

A soma da biomassa aérea herbácea com a arbóreo-arbustiva será utilizada como referência na determinação da relação *root:shoot* de cada uma das parcelas e, em seguida, para cada tipo de solo e fitofisionomia, da mesma forma como sugerido por Abdala et al. (1998).

2.5 Amostragem de Solo

Finalizada a estimativa de biomassa aérea, cada subamostragem de solo será realizada com a introdução do coletor no ponto central da parcela de 1 m x 1 m (Figura 4). Para evitar perdas de solo por derruimento do monolito, deve-se cavar um buraco lateral ao ponto inicial para auxiliar na retirada do próprio monolito e das amostras dos perfis (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-50 cm). Depois de retirado o monolito do solo, as amostras de cada profundidade serão obtidas com o auxílio da haste graduada fixada ao disco de metal. Eles funcionarão como um êmbolo, empurrando a amostra para fora do extrator diretamente em sacos plásticos identificados individualmente por profundidade (Figura 5). Em todos os casos as amostras devem ser conservadas em sacos de plástico, com a devida identificação, sendo em seguida pesadas (peso de campo, considerado como peso úmido) com o auxílio de uma balança de pelo menos 2,5 kg (precisão \pm 50 g), antes do encaminhamento ao laboratório para determinação do peso seco ao ar e posterior separação das raízes.



⁹ No caso da biomassa arbóreo-arbustiva, basta que algum elemento do indivíduo (copa, galhos, caules) esteja contido na área de cobertura do gabarito para que ele seja contabilizado como “massa presente” da subamostra. A observância da porcentagem de presença do indivíduo dentro do gabarito serve para evitar os efeitos de uma super estimativa.

Figura 4 – Introdução do coletor no solo para início do processo de amostragem da biomassa de raízes.



Figura 5 – Uso da haste metálica para auxiliar a retirada das amostras de solo sob diferentes profundidades.

No laboratório, com as amostras de solo devidamente secas (ao ar) e novamente pesadas, deve ser calculado a umidade (base peso seco) e a densidade aparente assumida (D_{aa})¹⁰ de cada seção do perfil utilizando as fórmulas expressas abaixo. Ambos os resultados são utilizados para o cálculo de biomassa de raízes total por unidade de área e volume de solo em cada seção de profundidade. Antes da separação das raízes do solo, uma pequena amostra de 20 g de solo deve ser retirada de cada seção do perfil no sentido de manter um testemunho para futuras análises químicas e físicas. Esta fração de solo testemunho deve ser descontada para as estimativas gerais de biomassa de raízes.

$$US = \frac{PU - PS}{PS} \times 100$$

$$D_{aa} = \frac{PS}{VS}$$

Onde:

- . US (%) = umidade da amostra de solo em porcentagem (%);
- . D_{aa} ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) = densidade aparente assumida ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) para cada amostra;
- . PU = peso úmido da amostra (g) determinado em campo;
- . PS = peso seco da amostra (g) determinado no laboratório;
- . VS = volume da amostra (cm^3), calculado pela fórmula do volume do cilindro que cada amostra comporta em cada perfil;

¹⁰ O método comumente empregado para cálculo da densidade aparente utiliza amostras realizadas com o "Anel de Kopecky" retiradas da parede lateral do perfil do solo. Este protocolo está assumindo o cálculo da biomassa de raízes por volume de solo a partir do valor de densidade aparente estimada das amostras de solo em diferentes profundidades.

2.6 Triagem das Raízes

Terminada a fase anterior, as amostras de solo são submetidas a dois processos de peneiramento: a primeira com uma peneira de malha metálica com crivo de 5 mm de abertura que serve para o destorroamento do material mais grosseiro e, a segunda, com uma peneira de malha de 2 mm para separação física das partículas de solo das raízes. Em ambos os casos deve-se realizar uma triagem manual de raízes que devem ser acondicionadas em saco plástico e identificadas por parcela, ponto da subamostra e profundidade do perfil. Após este peneiramento e triagem iniciais, o solo residual é submetido ao processo de flotação da mesma forma como procedido por Delitti et al. (2001).

Este método consiste em adicionar água ao solo residual para que o material vegetal (mais leve) e não visível na primeira etapa, flutue e possa ser recolhido e somado ao anterior. Neste caso podem ser utilizadas duas peneiras para separação do material mineral do orgânico (raízes): 0,25 mm e 0,212 mm de malha. A primeira com o intuito de retirar o material residual mais grosseiro e, o segundo, para refinar a coleta. Pedacos de carvão, folhas ou outros resíduos que “não-raízes”, e que sejam visíveis, serão eliminados da amostra antes que ela siga para secagem em estufa a 70°C até atingir peso constante¹¹ (Figura 6). Sierra et al. (2003) indicam que o método da lavagem do solo pode produzir erros e prejudicar a estimativa de biomassa das raízes por causa da perda ou exclusão inadequada de material. Entretanto, métodos de separação de raízes do solo automatizados e sofisticados, como por exemplo o extrator de raízes de Benjamin & Nielsen (2004), podem encarecer o processo de triagem e não produzir efeito positivo na acuracidade. Uma opção mais realista e barata é fornecida por Metcalfe et al. (2007) através de um sistema que utiliza como padrão a triagem de raízes por intervalos de tempo. Esse método pode ser adotado como forma comparativa/alternativa ao utilizado como padrão neste protocolo (lavagem).



Figura 6 – Biomassa de raízes recém-coletadas para secagem em estufa até peso constante.

¹¹ As raízes que foram anteriormente triadas seguem juntamente para a estufa.

Com todo o material de raízes seco, deve-se proceder uma triagem por categoria de diâmetro aproveitando as classes sugeridas por Snowdon et al. (2002): < 2 mm (raízes finas), 2-5 mm (intermediária fina), 5-50 mm (intermediária grossa) e > 50 mm (grossa). Isto pode ser feito com o auxílio de uma régua metálica graduada em milímetros (Figura 7). Boa parte desta atividade é facilitada com a sequência do trabalho, visto que a distribuição das categorias passa a ser quase que automática com o costume do olhar humano. Todas as categorias devem ser devidamente pesadas (g) individualmente e anotadas no banco de dados geral para a construção da média de biomassa subterrânea por profundidade e categoria de diâmetro em cada tipologia de solo e fitofisionomia. O resultado da densidade aparente assumida do solo deve ser usado nesta fase para as devidas correções por unidade de área e volume de solo em cada faixa de perfil amostrado nas parcelas. O resultado de biomassa de cada parcela é a média da soma de cada um dos perfis de profundidade amostrados nas quatro subamostragens, já ajustados pelo peso seco e densidade aparente do solo.



Figura 7 – Exemplo de medição diâmetro de raízes para a sua devida classificação.

2.7 Análises Laboratoriais

2.7.1 Concentração de Carbono nas Raízes

Para a determinação da concentração do carbono contido na biomassa de raízes de cada perfil, por fitofisionomia e tipo de solo, todo o material coletado deve ser moído em um moinho de facas (separado por extrato de profundidade) e enviado a um laboratório especializado. O estoque de carbono é calculado a partir de uma multiplicação simples entre a %C determinada pelas análises laboratoriais e o estoque de biomassa em cada um dos compartimentos observados (volume e/ou área). Em geral, a concentração de carbono em raízes não deve fugir ao padrão geral, situando-se próxima dos 50% (Gifford, 2000).

2.7.2 Granulometria, pH (acidez) e Carbono do Solo

Para a determinação da granulometria (areia, silte e argila), pH (acidez) e concentração de carbono (%C) ao longo da coluna de solo amostrada, deve-se homogeneizar os testemunhos coletados de cada um dos extratos de profundidade amostrados nas parcelas; total de 80 g de solo em cada extrato/seção de profundidade por parcela. Da mesma forma que o item anterior, esta amostra homogeneizada deve seguir para um laboratório especializado para as devidas análises laboratoriais¹².

2.8 Período Amostral

A metodologia do estudo suporta várias configurações de períodos amostrais dependendo da questão abordada pelo investigador. Por exemplo, (a) entre duas estações climáticas (picos da estação chuvosa e seca) no sentido de tentar entender qual o papel da profundidade das raízes na dinâmica de água no solo (Oliveira et al., 2005) ou (b) o quanto a sazonalidade afeta a variabilidade do estoque de biomassa de raízes no perfil do solo e ao longo do ano (Joslin et al., 2000; Nepstad et al., 1994). Por outro lado, é possível realizar uma coleta de solo em cada período marcado do ano: (i) pico da seca, (ii) inter-estação entre seca e chuva, (iii) pico da chuva e (iv) inter-estação entre chuva e seca. A média entre todas permite um valor que compreende toda a variabilidade ao longo do ano. Entretanto, o período amostral é uma definição exclusiva do investigador em função de sua questão científica.

3. RESULTADOS ESPERADOS

3.1 Padrão de Distribuição Vertical

Após pesados e contabilizados individualmente, cada fração de biomassa de raiz determinada por categoria de profundidade do solo pode ser transformada em biomassa por volume de solo e/ou unidade de área de cada fitofisionomia e tipologia de solo. Espera-se um padrão geral onde o maior estoque de biomassa (e carbono) esteja alocado nas camadas mais superficiais do solo, enquanto que os menores fiquem estabelecidos nas camadas mais profundas (Figura 8).

¹² É possível obter uma maior quantidade de solo para realização da análise de nutrientes ao longo de toda a coluna de solo de cada uma das quatro subamostragens realizadas por parcela. Isto dependerá da questão que está sendo investigada e do aproveitamento, pela equipe de pesquisa, de uma maior quantidade de solo coletada no ato do trabalho de campo, utilizando as laterais de cada seção exposta pela amostragem destrutiva.

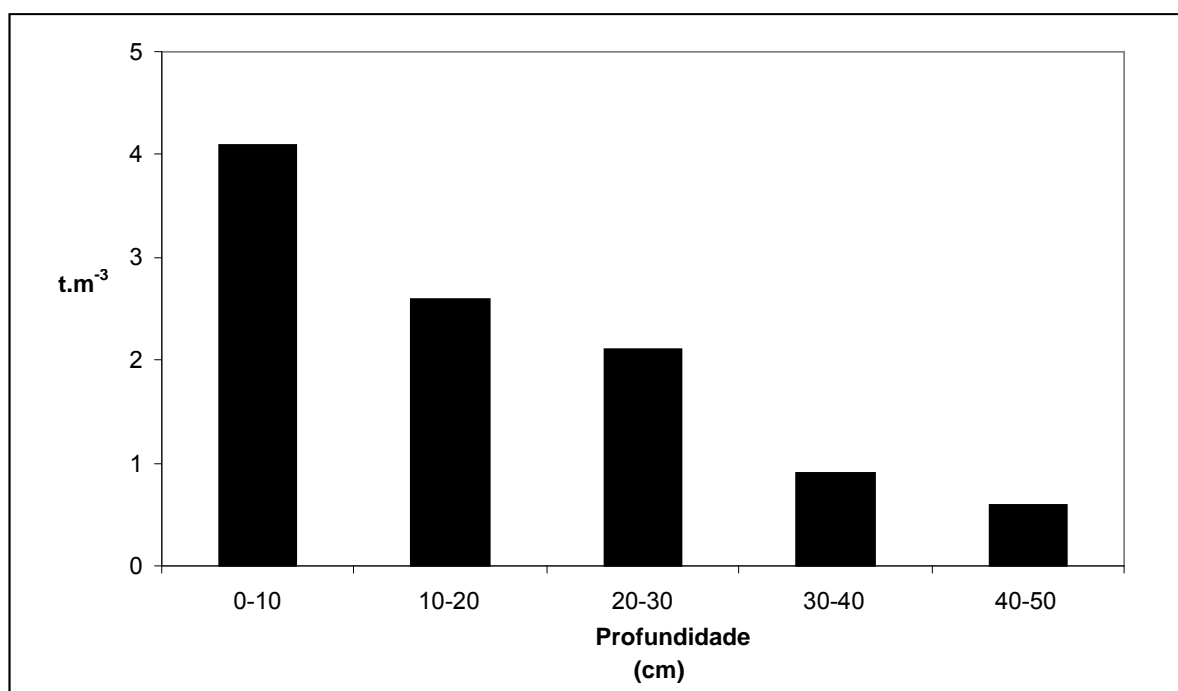


Figura 8 – Exemplo de padrão de distribuição da biomassa de raízes esperado dentro do perfil do solo.

3.2 Diâmetro das Raízes

Com a separação das raízes por classe de diâmetro espera-se um padrão geral indicando maior biomassa por volume de solo na categoria das “raízes finas” (< 2 mm) (Figura 9). Esta categoria é a principal responsável pelo maior transporte de água e nutrientes do solo para a planta (ciclagem), enquanto que as raízes mais grossas possuem como função o estoque de nutrientes e carbono (Tufekcioglu et al., 1999)

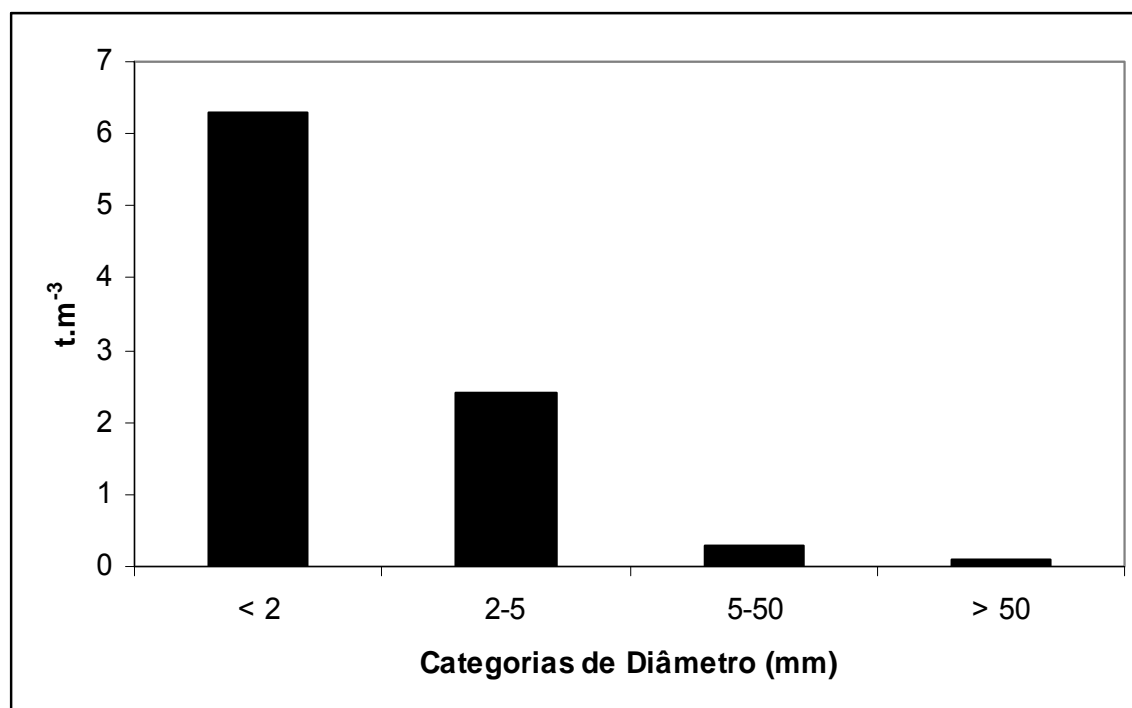


Figura 9 – Exemplo de padrão distribuição de raízes por classe de diâmetro.

3.3 Estoque de Biomassa de Raízes por Fitofisionomias

O estoque de biomassa de raízes deve estar relacionado com cada tipologia fitofisionômica. Como resultado espera-se que ambientes de menor biomassa aérea, do tipo savana gramíneo-lenhosa (Sg), comportariam menor estoque de biomassa de raízes e assim sucessivamente, como sugerido por Finér et al. (2007) (Figura 10).

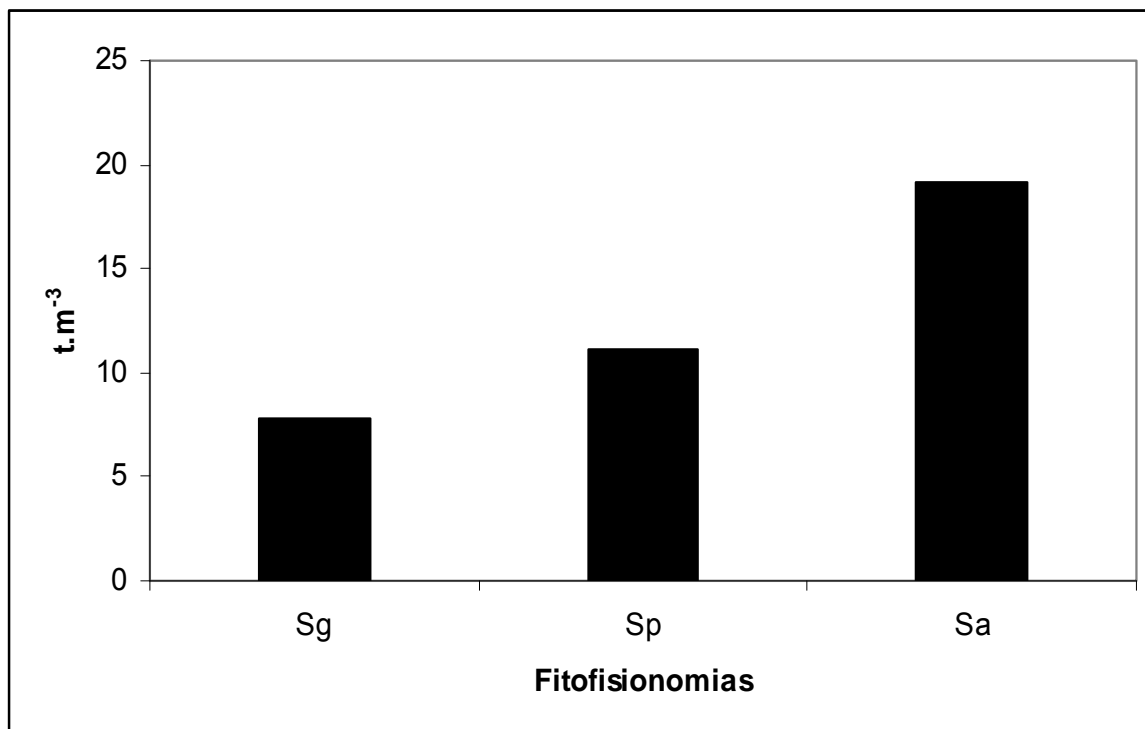


Figura 10 – Biomassa de raízes em função da tipologia fitofisionômica (Sg – savana gramíneo-lenhosa; SP – savana parque; Sa – savana arborizada).

Nesta etapa da análise, devem ser derivados os valores da relação *root:shoot* para cada uma das parcelas amostradas e, da mesma forma, inferir resultados gerais para as fitofisionomias aproveitando as estimativas de biomassa acima do solo. O resultado esperado é de que nos ambientes com menor biomassa aérea (menos vegetados), a relação entre biomassa subterrânea e aérea seja alta, enquanto que nos ambientes com maior densidade de vegetação esta relação seja maior (Jackson et al., 1996).

3.4 Estoque de biomassa de raízes x classes de solo

O estoque de biomassa de raízes por classe de solo deve estar relacionado com o tipo de solo onde cada parcela está estabelecida. Solos mais argilosos devem possuir maior biomassa de raízes do que solos pedregosos ou com forte influência do lençol freático. A Figura 11 apresenta uma relação hipotética entre biomassa e tipos de solo.

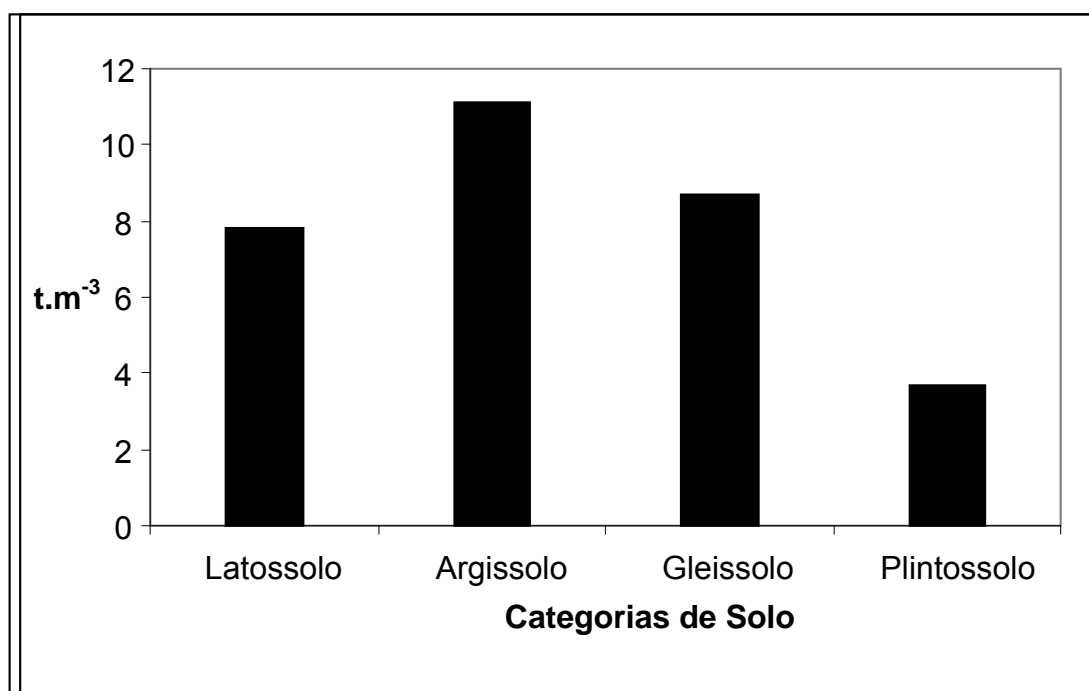


Figura 11 – Estoque de biomassa de raízes em uma situação hipotética para diferentes categorias de solo em áreas de savana.

3.4 Estoque de biomassa de raízes x Propriedades químicas e físicas do solo

Esta fase da análise serve para relacionar o estoque de biomassa/carbono de raízes com as características gerais de cada uma das parcelas, tentando inferir padrões gerais para as áreas de savanas estudadas. Podem ser utilizadas técnicas multivariadas correlacionando as informações gerais contidas nas parcelas (tipo de solo, presença de lençol freático, fitotipologia, biomassa aérea estimada e biomassa subterrânea) com os valores de análise física e química do solo aproveitados da coleta em diferentes profundidades de cada uma das parcelas.

4. SÍNTESE DO PROTOCOLO

Item	Ação
1	Identificação fitofisionômica de cada uma das parcelas e investigação (ou resgate das informações) sobre a classificação do tipo de solo onde as parcelas estão estabelecidas.
2	Marcação do local onde cada uma das quatro subamostragens de solo será realizada.
3	Coleta da vegetação acima do solo no local de cada uma das subamostragens através de um gabarito de 1 m ² para determinação da biomassa aérea média de cada uma das parcelas (biomassa herbácea + arbóreo-arbustiva).
4	Coleta de solo dentro do perfil 0-50 cm e subdivisão da coluna de 10 em 10 cm. Ensacamento, peso úmido de campo e envio ao laboratório.
5	Peso seco ao ar e determinação da densidade aparente assumida de cada uma das amostras na coluna do solo.
6	Alocação do testemunho de 20 g por cada seção da coluna de solo de cada subamostra.

7	Triagem das raízes por peneiração e catação manual.
8	Ao solo triado adicionar água para separação do restante das raízes (carvões ou material orgânico não identificado devem ser descartados). Usar peneira de crivo igual ou inferior a 0,25 mm.
9	Levar as raízes para a estufa até peso seco constante (~70°C).
10	Separar as raízes por classes de diâmetro.
11	Moer as raízes por classe de diâmetro e seção da coluna de solo, e enviar ao laboratório para análise da concentração de carbono na biomassa das raízes (%C).
12	Homogeneizar os testemunhos de solo por cada seção da coluna de cada subamostra. Enviar para análise química (pH e %C) e física (areia, silte e argila).
13	Processamento estatístico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdala, G.C.; Caldas, L.S.; Haridasan, M.; Eiten, G. 1998. Above and belowground organic matter and root:shoot ratio in a cerrado in central Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*, 2(1): 11-23.

Barbosa, R.I.; Fearnside, P.M. 2005. Above-ground biomass and the fate of the carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 216: 295-316.

Benjamin, J.G.; Nielsen, D.C. 2004. A method to separate plant roots from soil and analyze root surface area. *Plant and Soil*, 267: 225-234.

Benedetti, U.G. 2007. Estudo detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista-RR. Dissertação de Mestrado. Boa Vista, Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais – PRONAT / UFRR.

Delitti, W.B.C.; Pausas, J.G.; Burger, D.M. 2001. Belowground biomass seasonal variation in two Neotropical savannas (Brazilian Cerrados) with different fire histories. *Ann. For. Science*, 58:713-721.

Embrapa. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos.

Finér, L.; Helmisaari, H.-S.; Lohmus, K.; Majdi, H.; Brunner, I.; Borja, I.; Eldhuset, T.; Godbold, D.; Grebenc, T.; Konopka, B.; Kraigher, H.; Möttönen, M.R.; Ohashi, M.; Oleksyn, J.; Ostonen, I.; Uri, V.; Vanguelova, E. 2007. Variation in fine root biomass of three European tree species: Beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Biosystems*, 141(3): 394-405.

Gifford, R.M. 2000. Carbon content of woody roots (Revision 1). Australia, National Carbon Accounting Systems. Technical Report n. 7. 10p.

IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Série "Manuais Técnicos em Geociências 1". Rio de Janeiro, IBGE. 92p.

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*, 108: 389-411.

Joslin, J.D.; Wolfe, M.H.; Hanson, P.H. 2000. Effects of altered water regimes on forest root systems. *New Phytologist*, 147: 117-129.

Magnusson, W.E.; Lima, A.P.; Luizão, R.; Luizão, F.; Costa, F.R.C.; Castilho, C.V. e 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(2) (Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/item?point-of-view>).

Metcalfe, D.B.; Williams, M.; Aragão, L.E.O.C.; Costa, A.C.L.; Almeida, S.S.; Braga, A.P.; Gonçalves, P.H.L.; Athaydes Silva Junior, J.; Malhi, Y.; Meir, P. 2007. A method for extracting plant roots from soil which facilitates rapid sample processing without compromising measurement accuracy. *New Phytologist*, 174: 697-703.

Nepstad, D.C.; Carvalho, C.R.; Davidson, E.A.; Jipp, P.H.; Lefebvre, P.A.; Negreiros, H.G.; Silva, E.D.; Stone, T.A.; Trumbore, S.E.; Vieira, S. 1994. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature*, 372: 666–669.

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.

Sierra, C.A.; Del Valle, J.I.; Orrego, S.A. 2003. Accounting for fine root mass sample losses in the washing process: a case study from a tropical montane forest of Colômbia. *Journal of Tropical Ecology*, 19:599–601.

Snowdon, P.; Eamus, D.; Gibbons, P.; Khanna, P.; Keith, H.; Raison, J.; Kirschbaum, M. 2000. Synthesis of allometrics, review of root biomass and design of future woody biomass sampling strategies. Australia, National Carbon Accounting System. Technical Report 17. 139p.

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* 44: 163–174.