

Figura 09: Índice de diversidade de Shannon para regeneração espontânea da AID da nascente, Barra de Guaratiba, RJ.

As parcelas um e dois são as mais próximas da nascente e apresentaram menor diversidade de regeneração o que provavelmente se deve à necessidade de adaptação destas espécies às condições de umidade do terreno. A diversidade nas demais parcelas foi bastante elevada, sendo maior na P04 o que se deve, dentre outros, ao efeito nucleador das espécies plantadas pelo PMR, no caso um ingá já bastante desenvolvido (6 m , DAP = 18,8 cm e Diâmetro de Copa= 8,5 m) que serve de alimento para muitas espécies da fauna que acabam dispersando outras espécies.

A maior diversidade de espécies nestas duas parcelas pode estar relacionada aos fatores edáficos como veremos mais adiante.

Quanto a distribuição quantitativa destas espécies (Índice de Equabilidade de Simpson) apresentou variações perceptíveis entre as parcelas (Figura 10).

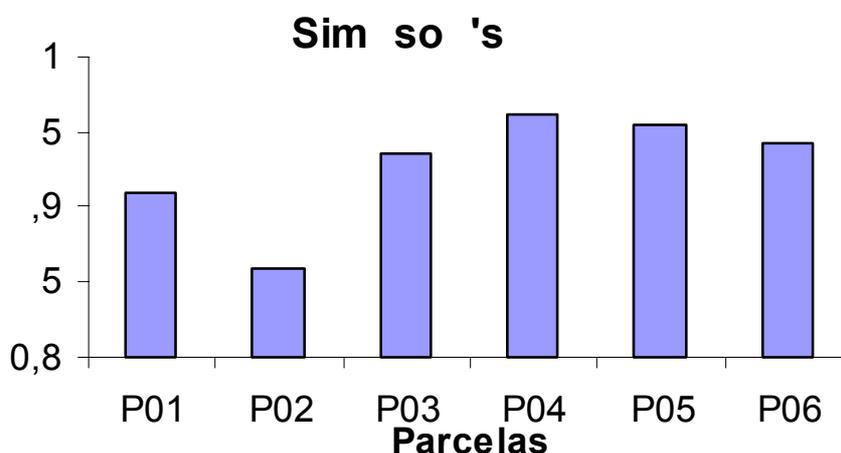


Figura 10: Índice de equabilidade de Simpson para a regeneração espontânea em seis parcelas amostrais alocadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ.

A queda brusca do Índice de Simpson para a parcela dois se deve a maior abundância de poucas espécies, o que reflete diretamente no cálculo do índice já que o mesmo dá pouco peso às espécies raras (RICKLEFF 2001). Na P02, 67,3% dos indivíduos encontrados pertenciam a apenas cinco espécies de um total de 27. Nas outras parcelas houve um maior equilíbrio na distribuição de indivíduos por espécie estabilizando os valores dos índices. No entanto, este

desequilíbrio da P02 pode ser explicado pela grande abundância de plântulas de *I. sessilis* (N = 50) que é uma espécie que investe em banco de plântulas e da *Centella asiatica* (N=25) que tem reprodução por estolão subterrâneo e se espalha bastante pelo terreno.

Os maiores valores para as parcelas 4 e 5 coincidiram com os maiores valores para diversidade de espécies sugerindo que o aumento da biodiversidade auxilia uma distribuição igualitária das espécies por conta de fatores competitivos. Geralmente em locais muito diversos as espécies se tornam raras ocorrendo em proporções menores por unidade de área.

3.3. Cobertura de Copa

Os dados médios de cobertura de copa obtidos com as fotografias digitais não variaram significativamente entre as épocas de seca e chuva (Tabela 02).

O sombreamento da área de entorno da nascente favorece a maior permanência da água no solo, além de permitir o estabelecimento de espécies de colonização secundária, favorecendo os processos sucessionais, aumentando a sustentabilidade dos plantios do PMR e gerando ambientes mais resilientes.

A cobertura promovida pelo dossel controla a quantidade, qualidade da luz que atinge o piso florestal, modificando as condições microclimáticas de temperatura e umidade do ar, do solo (JENNINGS et al., 1999; HALE & BROWN, 2005). Estas modificações microclimáticas influenciam diretamente o processo de regeneração natural afetando o crescimento e sobrevivência de plântulas, gerando propriedades emergentes que irão determinar a composição florística e diversidade da comunidade (PARROTA et al., 1997; JENNINGS et al., 1999; HALE & BROWN, 2005).

Tabela 02: Porcentagem de cobertura da copa nos 24 pontos amostrados na AID da nascente nos meses de Abril e Dezembro de 2007, em Barra de Guaratiba, RJ. A porcentagem de luz representa os pixels brancos da foto e a de sombra a de pixels pretos.

Ponto	Cobertura Abril (%)		Cobertura Dezembro (%)	
	luz	sombra	luz	sombra
1	17	83	12	88
2	13	87	18	81
3	21	79	24	75
4	23	77	21	78
5	23	77	21	78
6	22	78	19	80
7	16	84	17	82
8	21	79	27	72
9	28	72	29	71
10	31	69	26	73
11	34	66	24	75
12	26	74	13	86
13	27	73	17	82
14	24	76	15	84
15	20	80	07	92
16	20	80	08	91
17	17	83	21	78
18	20	80	15	84
19	25	75	21	78
20	19	81	13	86
21	20	80	15	84
22	33	67	18	81
23	22	78	18	82
24	30	70	28	71
MÉDIA	23 %	77 %	19%	81%

Estudos ressaltam também o aumento da cobertura da copa na redução da competição com espécies invasoras como a gramínea *Melinis minutiflora* (MARTINS et al., 2004) e *Panicum maximum* (SOUZA & BATISTA, 2004). A radiação que atravessa o dossel está diretamente relacionada com sua abertura e sobreposição das folhas e copas (WHITMORE et al., 1993).

A pequena diferença entre a porcentagem de cobertura de copa no verão e inverno indica uma maior adaptação de espécies perenifólias, evidenciando que mesmo em condições de solo raso e pouca oferta de umidade no inverno, as espécies arbóreas conseguem manter em equilíbrio a quantidade e qualidade de luz que passa através do dossel.

Na avaliação silvicultural, os indivíduos de *Inga sessilis* foram os mais bem desenvolvidos nos 13 anos de plantio, apresentando os maiores diâmetros de copa, seguido pelos indivíduos de *Gochnatia polymorpha* (Candeia) (Tabela 03). Algumas espécies como a *Tabebuia umbellata* (Ipê) e a *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna) apresentaram crescimento lento, e os menores diâmetros de copa. Cinco das 12 espécies plantadas na AID apresentam presença de caducifolia (ver tabela 3) importante no processo inicial de sucessão, pois aumenta o aporte de matéria orgânica induzindo os processos de decomposição e facilitando a agregação do solo.

Tabela 03: Parâmetros silviculturais das espécies plantadas na AID da nascente. Onde: P= caducifolia presente, A= caducifolia ausente; DAP= Diâmetro a Altura do Peito, DC= Diâmetro de Copa e BIF= Altura Primeira Bifurcação.

Nome Científico	DC (m)	DAP (cm)	Altura (m)	BIF (m)	Caducifolia	
<i>Bombacopsis glabra</i> (Pasq.) A. Robyns	5	3,25		7	A	
<i>Bombacopsis glabra</i> (Pasq.) A. Robyns	6,2	5,4	11,6	8	A	
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sandwith	3,1	4,1	4,3	6	1,8	P
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	11,8	9,6	21,9	7,5	0,8	A
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	2,5	2,6	2,8	2,5		P
<i>Solanum pseudo-quina</i> A. St.-Hil.	2,4	3,3	8,7	8		A
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	11,5	7,9	15,3	7		A
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	1,8	2	6,2	9		P
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	2,6	2,6	4,4	5,5	0,5	A
<i>Leguminosa Indeterminada</i>	6,6	2,3	4,2	6	0,7	P
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	5	6,5	15,4	9	0,1	A
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	9	8,3	16,2	10		A
<i>Machaerium aculeatum</i>	1,3	1,5	5,2	3,5		P
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sandwith	3,8	4	8	4		P
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	8,9	8	18,8	6		A
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	3,4	2,7	19	7		P
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	3,1	2,2	7,8	5		A
<i>Schinus Terebinthifolius</i> Raddi	3,2	2,5	6,0	4	0,2	A
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellf.	3	2,5	3,4	4	0,2	P
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	2,4	1,9	7,2	3,5		P
<i>Leguminosa indeterminada</i>	3,8	4,4	5,5		0,3	P
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sandwith	2,2	1,9	4,9	4,5		P

Além destes fatores, as florestas e seus subsistemas funcionam como controladores dos processos de escoamento de água onde recebem e redistribuem a água das chuvas, regulando os excedentes hídricos, via infiltração, e eleva as taxas de evapotranspiração agindo de forma significativa no balanço hídrico local (SUGUIO et al., 1979). Por meio da interceptação, a cobertura florestal causa uma diminuição no total de água de chuva que atinge o solo,

podendo afetar, conseqüentemente, a dinâmica do escoamento superficial que atinge a rede hidrológica, e o processo de infiltração que favorece o abastecimento dos lençóis subterrâneos (LIMA & LEOPOLDO, 1999). Segundo LIMA (1986) uma chuva de 5mm pode ser 100% interceptada pelas copas e evaporada sem chegar ao piso florestal.

As projeções de copa das árvores plantadas na AID foram geradas, permitindo a visualização da cobertura de copa efetiva da área da nascente (Figura 11).

A ampla cobertura de copa na AID pode ser fator positivo para a perenização das nascentes evitando os processos de evapotranspiração. No entanto, outros fatores exercem influência na perenização desta nascente.

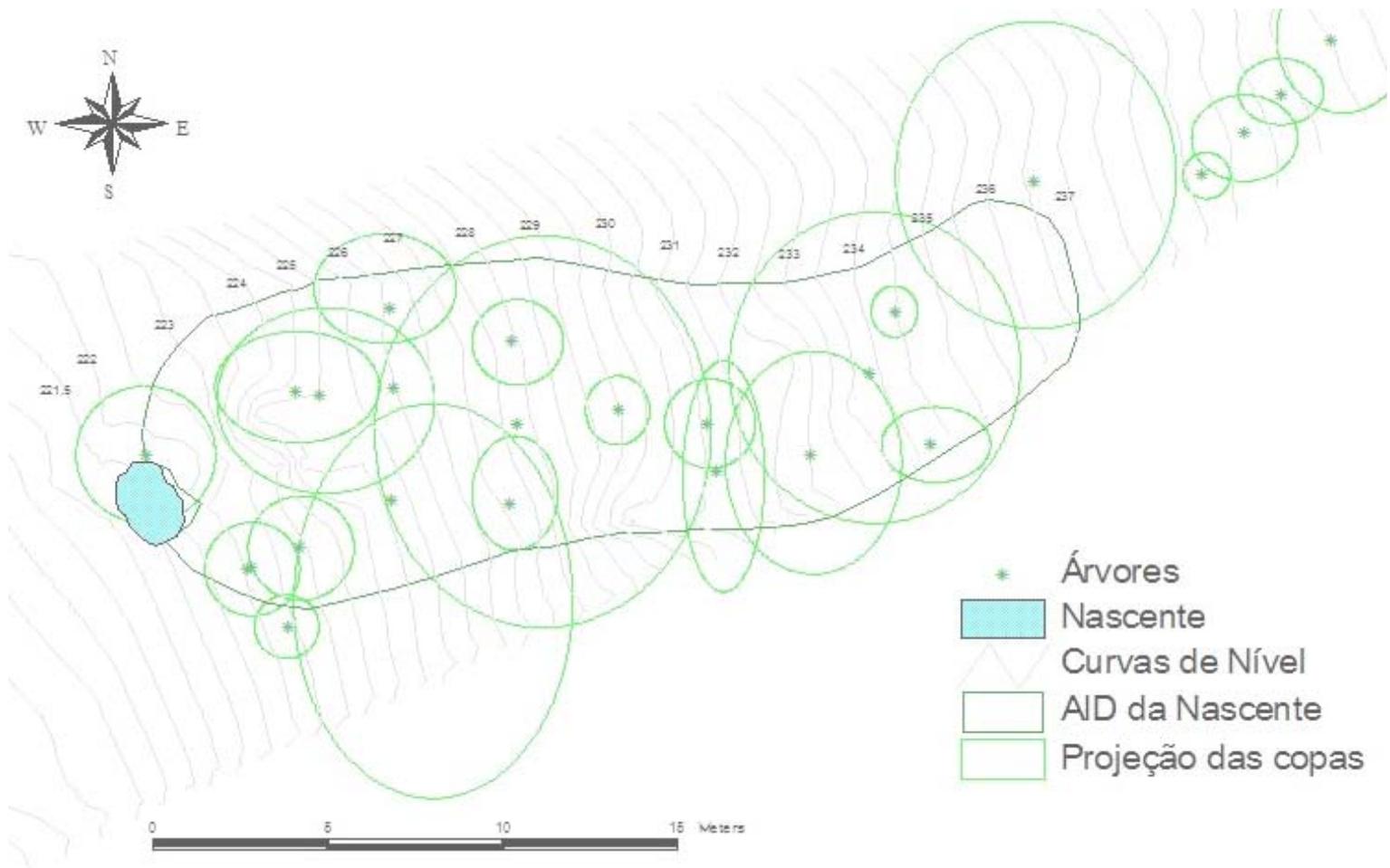


Figura 11: Projeção horizontal do dossel (ano de 2007) na Área de Influência Direta da nascente, em Barra de Guaratiba, RJ.

3.4. Edáficos

Os levantamentos de solo buscaram entender como uma área de 0,03 ha consegue armazenar em média 147 l de água o ano todo. Os dados de umidade de solo, textura, resistência à penetração estão representados nos Anexos 1, 2 e 3, para as linhas de amostragem A, B e C respectivamente. Cada ponto de coleta teve considerado sua cota, permitindo a espacialização dos dados de umidade e textura, permitindo inferências sobre o comportamento do lençol freático dentro da AID.

As taxas de umidade do solo foram diferenciadas entre a época seca e de chuva chegando a triplicar seus valores (Figura 12). O baixo teor de umidade no inverno, nas camadas mais profundas, provavelmente está relacionado com os processos de evaporação e

transpiração do solo e das plantas, pois como a quantidade de água é pouca, a demanda é constante e os solos são rasos, a água tende a ser movida por capilaridade para as camadas superficiais do solo. Este fato se evidencia na ocorrência de 7 pontos na linha A, 12 na linha B e 11 na linha C, com valores de umidade maiores para as camadas de 0-20 cm do que as de 20-40 cm de profundidade (ver anexos 1, 2 e 3). As médias de umidade no inverno para a camada de 0-20 cm foram, 13,8% nas linha A e C, 15,5 % na B. Nas camadas de 20-40 cm as médias foram 13,9 % na A, 16,9 % na B e 12,7% na C. No verão as médias de umidade foram significativamente maiores sendo para as camadas de 0-20 cm de 45,5 % na Linha A, 45,1 % na B e 48,2 % na C. Para as camadas de 20-40 cm as médias de umidade foram de 34,8 na linha A, 53,7 na B e 61,0 na C.

Mesmo após 3 meses sem chuva há pontos em que a umidade relativa do solo chega a quase 50%. Nestas condições de seca, apenas as áreas propícias ao acúmulo de umidade irão armazenar água. Este acúmulo se deu em apenas alguns pontos nas linhas A, B e C sendo estes essenciais para a perenização da nascente.

O olho d'água encontra-se na cota 221 m. No inverno, a linha C apresentou apenas dois pontos com umidade em torno de 20% , nas cotas 223,5 e 226 m (Figura 12). Os outros pontos apresentaram valores ainda mais baixos chegando a 8% na profundidade de 20-40 cm na cota 225. Para teores de umidade esta linha, as cotas 225 e 226 são as mais declivosas e as que apresentaram os menores teores de umidade na profundidade de 20-40 cm. Em contraponto, os pontos de maior umidade desta linha encontram-se no trecho menos declivoso, mostrando que a microtopografia local pode ser fator determinante do armazenamento de umidade.

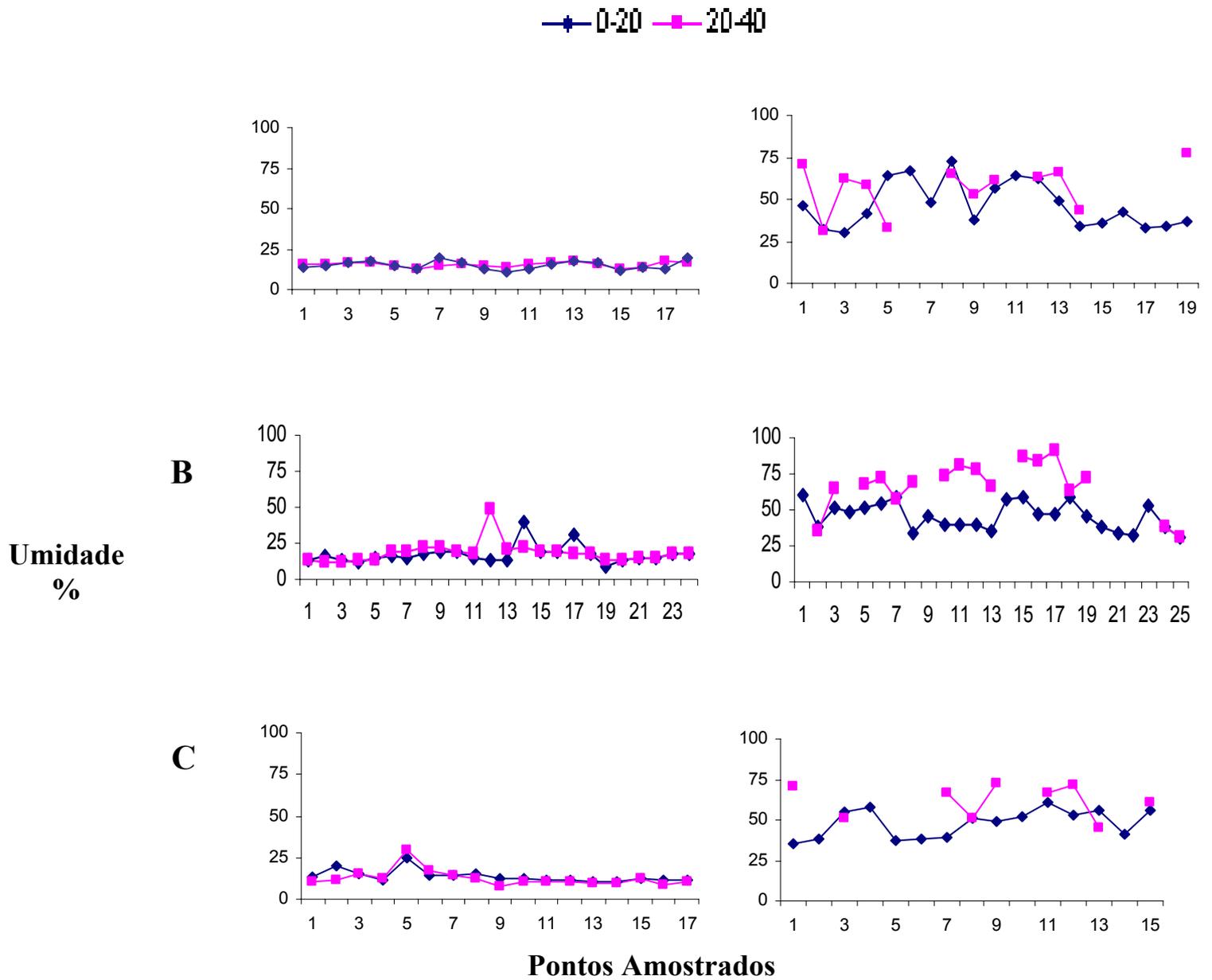


Figura 12: Umidade (%) de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em três linhas de amostragem A, B e C, na AID de uma nascente pontual, Barra de Guaratiba, RJ. Os pontos sem dados para 20-40 cm apresentaram pedras a esta profundidade.

A redistribuição da água nas encostas é influenciada principalmente por fatores como microtopografia e capacidade de infiltração do solo. Além de influenciar nas propriedades do solo, estes fatores controlam a erosão de partículas do solo que quando erodidas, juntamente com a matéria orgânica, são depositadas em locais, onde o fluxo hidrológico reduz a velocidade ou para devido algum impedimento físico, redução da declividade ou incremento local da capacidade de infiltração. Esta heterogeneidade espacial da deposição de partículas de solo e serrapilheira traz mudanças nas propriedades do solo e topografia local (STAVI et al., 2008).

Na área de estudo, como os solos são muito rasos e declivosos, há uma constante redistribuição das partículas de solo gerando pontos diferenciados de retenção de sedimentos e matéria orgânica e conseqüentemente de umidade. Os pontos de armazenamento de água estão distribuídos de forma fragmentada na AID mostrando que há fatores específicos da paisagem que condicionam a presença de elementos que mantêm a água no sistema.

Estudos realizados em duas microbacias no Norte da Tailândia e Leste da Malásia utilizando modelos hidrológicos a partir de dados de umidade encontraram uma distribuição heterogênea das áreas de contribuição de umidade. Esperava-se que as áreas de recarga das calhas seriam ao longo das mesmas, distribuídas por toda sua extensão. No entanto, os resultados mostraram que a distribuição destas zonas está mais relacionada à topografia local (pontos de convergência do terreno) do que à posição em relação ao curso d'água (CHAPPELL et al., 2006).

A linha A apresentou valores de umidade ligeiramente maiores que os da linha C que podem ser explicados pelo maior sombreamento desta linha e presença de muitas pedras soltas na superfície, influenciando o microclima local. Em ambas as linhas (A e C), o maior acúmulo de água, não foi nos pontos limítrofes à nascente, e coincidiram entre as cotas 223 e 224 m (Figura 13). Na linha B o acúmulo de umidade também não foi influenciado pela proximidade da nascente e se deu entre as cotas 229,5 e 233 m (oito metros de desnível da nascente) levando a crer que existe alguma condição específica que facilita a retenção de água neste local. No verão, estas mesmas cotas da linha B apresentaram os maiores valores de umidade chegando a 90 % três dias após uma chuva.

Em ambientes instáveis, a presença de controles estruturais (e.g. pedras, vegetação densa, mudança textural do solo) e/ou concavidades na paisagem, reduz a velocidade de passagem da água, facilitando o acúmulo de sedimentos e matéria orgânica. A vegetação também pode servir como um pequeno controle estrutural superficialmente para o acúmulo de sedimentos e matéria orgânica (BEUSELINCK et al., 2000; JACOBSON et al., 2000) e sub-superficialmente pela redução dos processos erosivos causados pelo efeito das raízes (BAETS et al., 2006).

Estudos com moitas de *Sarcopoterium spinosum*, herbácea distribuída de forma fragmentada em encostas semi-áridas, observaram que essas moitas servem como barreiras de contenção de sedimentos e serrapilheira, impedindo que este material seja transportado para as áreas mais baixas da encosta formando um ambiente acumulador de água e partículas de solo (STAVI et al., 2008).

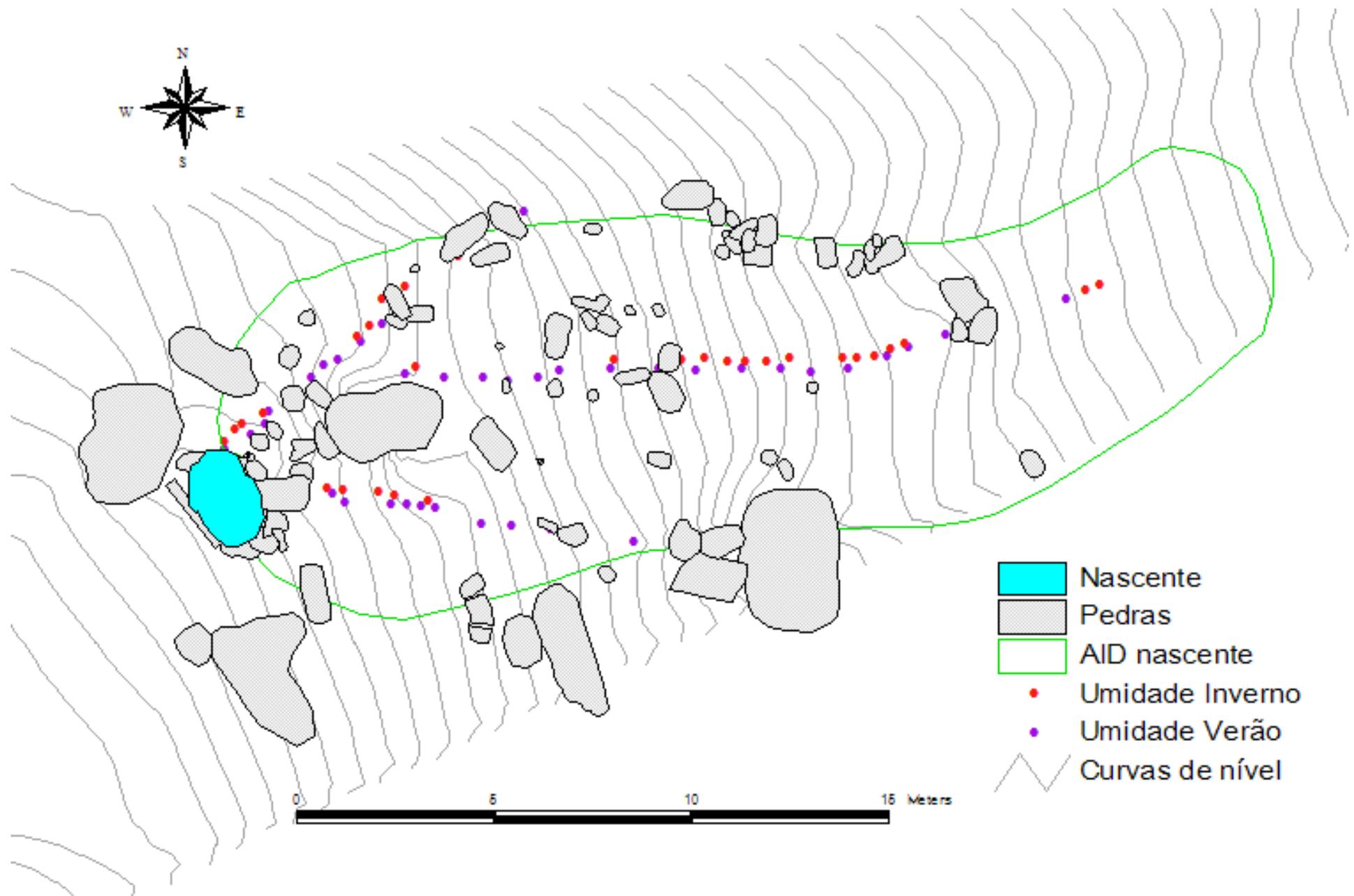


Figura 13: Espacialização dos teores de umidade para as épocas de seca e chuva, em Barra de Guaratiba, RJ.

Geralmente, a sedimentação pode ser diferenciada de acordo com o tipo de controle que causou a deposição, como depressões locais do terreno, bordas de culturas, florestas, matas ciliares. A deposição gerada pela vegetação, geralmente ocorre em partes mais íngremes da encosta do que os controles topográficos, sendo um efeito importante na distribuição espacial das áreas de sedimentação numa encosta (BEUSELINCK et al., 2000) e das áreas de recarga de umidade. JACOBSON et al. (2000) observou em planícies de inundação que camadas finas de silte na superfície do solo retardam a dissecação das camadas subjacentes. Segundo ele “areias expostas podem secar a uma profundidade de 30 cm poucas semanas após a cheia, alguns centímetros de silte podem manter a umidade sub-superficial em níveis de 4-6 % (do peso) por alguns meses após a recessão”. Nas calhas de rios efêmeros, a disponibilidade de água é relativamente maior nas grandes profundidades em solos arenosos, enquanto que em solos argilosos a água disponível para as plantas está localizada superficialmente (JACOBSON et al., 2000).

Como em Barra de Guaratiba as condições das encostas são desfavoráveis ao acúmulo de água, a presença de controles estruturais que acumulem sedimentos finos e facilitem a retenção de água, é fundamental para a perenização dos mananciais.

A distribuição dos sedimentos e determinação das classes texturais dentro da AID, junto com os dados de umidade e penetrômetro, irá indicar como funciona o armazenamento de água numa área de 0,3 ha que garante a perenização da nascente.

O padrão de textura do solo predominante foi o franco argilo arenoso nas três linhas de amostragem, variando em solos menos argilosos (franco arenoso, areia, areia franca e franco) e mais argilosos (franco argiloso e argilo arenoso) (Anexos 1, 2 e 3).

As variações texturais ocorreram em curtas distâncias e foram pequenas entre as profundidades, exceto para o silte que apresentou em alguns pontos variações de 22%. No geral, as porcentagens de areia superiores a 60%, ocorreram nos primeiros dez pontos de amostragem, nas três linhas (A, B e C) (Figura 14). A linha C foi a que apresentou os maiores teores de areia o que provavelmente se deve à presença de matações intemperizadas no limite superior da linha, que depositam materiais de granulometria mais grosseira.

As partículas de argila foram as que apresentaram maior variação nos padrões de deposição. O acúmulo de argila foi maior na camada de 0-20 em relação à de 20-40 cm para 15 dos 19 pontos na linha A, 11 dos 17 pontos na linha C e 4 dos 34 pontos na linha B. Este fato pode ter relação com a deposição de matéria orgânica na superfície, que retém as partículas de argilas formando os agregados do solo.

A linha B apresentou um acúmulo maior de argila nas profundidades de 20-40 cm e foi a linha que apresentou maior variação nos teores de argila, tanto entre as profundidades, quanto em relação ao distanciamento da nascente. Nesta linha foi observado um bolsão de argila localizado entre as cotas 229,5 e 232 m, onde os valores de argila ficaram entre 35 e 53% e os de silte entre 6 e 28% apresentando solos adensados, mas com grande capacidade de armazenamento.

Estas partículas finas são propícias ao acúmulo de água, o que ficou evidenciado com os dados de umidade que obtiveram os maiores valores nas mesmas cotas, sendo o valor máximo de 53,2% no inverno e 90,6 % no verão.

A linha C apresentou distribuição homogênea da argila com pequenas variações na profundidade de 0-20 cm (Figura 15). O tamanho das partículas formadoras do solo influencia fortemente a capacidade de retenção hídrica, já que cada tipo de partícula permite a formação de um espaço poroso mais ou menos propício ao acúmulo de água. A maioria dos poros pequenos (microporosidade) se formam dentro dos agregados, ao passo que os poros grandes (macroporosidade) se formam entre os agregados (LIMA 1986).

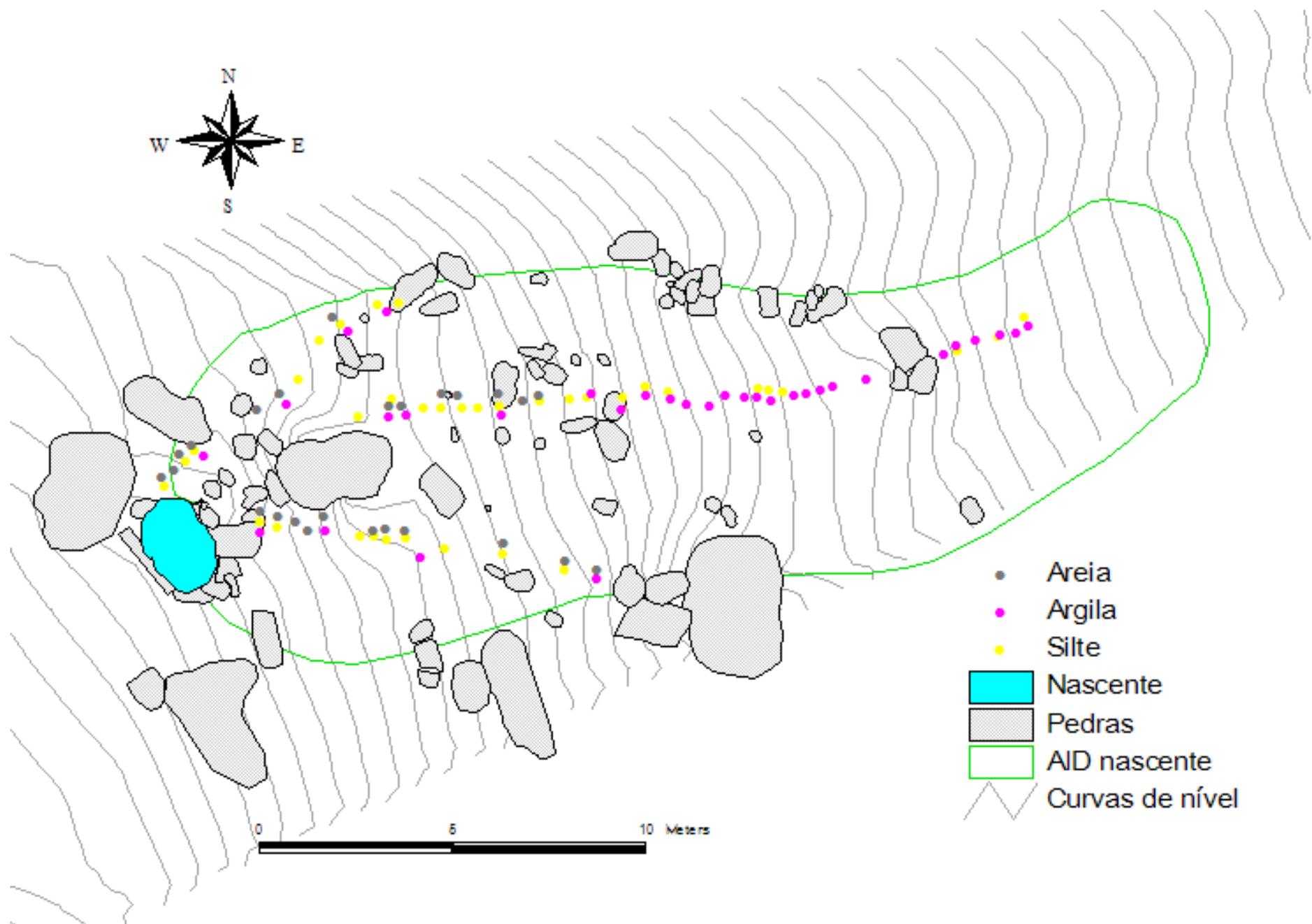


Figura 14: Especialização dos teores de umidade nos meses de seca e chuva, para a AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ.

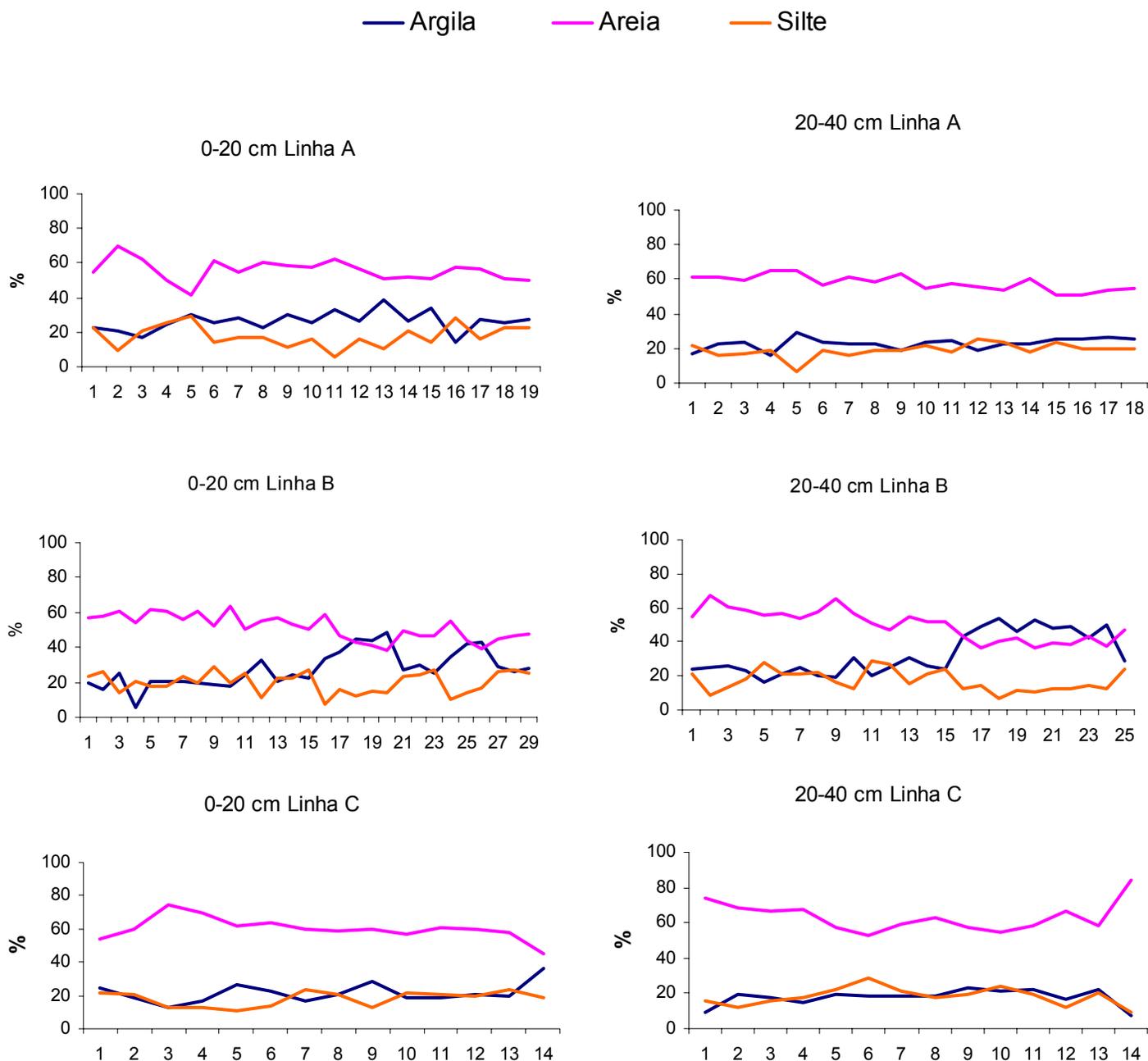


Figura 15: Textura do solo das amostras coletadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ. O ponto 1 representa o ponto mais próximo da nascente, sendo a numeração crescente em direção ao divisor topográfico da AID.

Em solos hidromórficos os teores de argila e silte costumam ser elevados conferindo maior capacidade de armazenamento e menor velocidade de passagem da água para as nascentes e/ou curso de água, influenciando a perenização dos mesmos.

Os valores de silte foram maior que os de argila em 32 amostras. Winter (1976) ressalta a importância do silte na retenção hídrica. Análises texturais de três solos diferentes

em zonas ripárias do Rio São Francisco encontraram um valor alto de silte sendo maior que o dobro da porcentagem de argila e baixos teores de areia sendo as proporções as seguintes: Neossolo Flúvico = Areia 45,2%; silte 38,4% e argila 16,5%; Cambissolo Háplico com 25,3% ; Silte 51,1% e Argila 23,6%; Neossolo Litólico com Areia 36,1%; Silte 42,8% e Argila 21,1% (CARVALHO et al., 2005).

Segundo Jacobson et al. (2000) as camadas de silte nos perfis do solo atuam como uma barreira hidráulica, diminuindo a velocidade de movimento da umidade para as camadas inferiores. A umidade armazenada nas planícies de inundação, por exemplo, são descarregadas do perfil do solo para os canais por estas camadas de silte.

No mesmo estudo o autor observou que o processo de aluviação aumentou a proporção de silte nas áreas de talvegue, onde se obteve uma correlação positiva entre os teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo. A distribuição destes depósitos de silte influenciaram nos padrões de disponibilidade de umidade e crescimento de raízes, criando e mantendo um micro-habitat para vários organismos (JACOBSON et al. 2000).

O arranjo dos materiais de diferentes granulometrias compõe a formação dos agregados e irá determinar a estrutura do solo, podendo estes ser afetados pela textura, quantidade de matéria orgânica e pela atividade biológica. A estruturação do solo geralmente influi em várias características do solo como, aeração, infiltração, percolação, capacidade de armazenamento de água, melhor desenvolvimento do sistema radicular, que por sua vez determinam o bom funcionamento hidrológico do ecossistema (LIMA, 1986).

As forças de adsorção da água dependem basicamente, da espessura do filme de água que recobre as partículas, a qual varia de acordo com sua superfície específica sendo maior em solos argilosos e com alto teor de matéria orgânica (SILVA et al., 2005). Em solos arenosos, predominam os macroporos, reduzindo a tensão superficial da água ao redor das partículas de solo, facilitando sua retirada pelas plantas e tornando-a prontamente disponível (WINTER, 1976; LIMA, 1986; KARMAN, 2001).

Todos os horizontes de solo são capazes de drenar água livremente para os horizontes subjacentes sendo a presença de materiais mais ou menos impermeáveis determinantes do acúmulo local de água (WINTER, 1976).

Quando os poros estão completos com água este solo é considerado saturado (WINTER, 1976; KARMAN, 2001). A quantidade de água transmitida pelo solo dependerá da sua capacidade de campo, que é o volume de água absorvida pelo solo antes de atingir seu ponto de saturação, que não sofre movimento para níveis inferiores e, portanto, não abastece o lençol freático ficando disponível para as plantas (KARMAN, 2001).

Os dados de textura do solo indicaram uma distribuição heterogênea dos sedimentos condizendo com as condições topográficas da AID e com as características de instabilidade da região. Provavelmente as zonas do solo responsáveis pela recarga do lençol freático estão distribuídas de forma irregular não havendo homogeneidade nas profundidades destas camadas.

A resistência à penetração do solo evidenciou menor agregação e resistência nas primeiras camadas (Figura 16) onde, na maioria dos pontos amostrados, o simples fato de apoiar o penetrômetro no chão fazia a haste penetrar a profundidades que variaram de 3 – 18 cm (ver anexos 1,2, 3 e 5). Esta maior permeabilidade das primeiras camadas é

importante no aproveitamento de chuvas de pequenas intensidades, já que sendo muito permeável a água infiltra rapidamente, abastecendo as camadas mais profundas. Este fato permite melhor aproveitamento da água quando não chove, disponibilizando-a lenta e gradualmente para o sistema e para as plantas.

No geral, o número de impactos para romper os primeiros 20 cm do solo foi menor (numa ordem de 3 a 4 vezes menos impactos), indicando um solo mais denso na profundidade de 20-40 cm. A média de impactos para penetrar as camadas de 0-20 cm foi de 7,2 para a linha A, 8,5 para a C e 13,3 para a B evidenciando maior compactação nesta última.



Figura 16: Primeira camada de solo da AID mostrando uma grande quantidade de raízes finas e terra solta, facilitando os processos de infiltração e abastecimento dos mananciais.

O aumento da densidade do solo com a profundidade, corrobora com estudos realizados em nascentes do Ribeirão de Santa Cruz, Lavras, MG, que determinaram maior resistência nas maiores profundidades, sendo as nascentes avaliadas enquadradas nas classes de resistência alta e muito alta conforme classificação da *Soil Survey Staff* (ALVARENGA, 2004). Segundo Costa et al. (2003) a densidade do solo tende a aumentar com a profundidade devido a fatores como: teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas sobrejacentes, diminuição da porosidade total devido a eluviação de argila, dentre outros.

Os gráficos de cada ponto de coleta com o penetrômetro estão representados no Anexo 5, que indicaram solos muito rasos onde as pedras ocorreram a menos de 40 cm de profundidade em 60% dos pontos para a linha A, em 41% dos pontos da linha B e em 55% dos pontos da linha C dificultando as análises comparativas entre as linhas nesta profundidade.

Na linha A os primeiros 2 metros de desnível (222 a 224 m) apresentaram profundidade variando de 8 a 30 cm. No restante da linha, nos pontos onde havia um solos mais profundo, o número de impactos variou de 30 a 34 para atingir os 40 cm.

A menor profundidade de solo na linha B ocorreu nas cotas 227-228 e 231, onde os solos apresentaram respectivamente 35, 15 e 20 cm de profundidade. Nos pontos de maior adensamento o número máximo de impactos foram 53 (228,5 m), 55 (232 m), 56 (cota 226 m), e 57 (233,5 m), que coincidem com solos com altos teores de silte e argila (ver anexos 1, 2 e 3).

Na linha C a profundidade do solo foi em torno de 20 cm nas cotas 223,5 a 225 m. Os pontos de maior adensamento foram os dois últimos desta linha (227 e 227,5 m) com um total de impactos de 40 e 51 respectivamente. Dos 51 impactos do último ponto, 43 foram na profundidade de 20-40 cm cuja classe textural foi a única “Arenosa”. Apesar de esta linha ter apresentado textura mais arenosa, a quantidade de argila presente é suficiente para agregar as partículas de areia como mostra a Figura 17. A granulometria grosseira da areia aliado a capacidade de adensamento da argila, podem ter ocasionado o aumento da resistência em dos pontos amostrados.



Figura 17: Agregação da areia pela argila, configurando solos permeáveis porém com capacidade de armazenamento de água.

A resistência à penetração está fortemente relacionada com a umidade do solo, densidade, microtopografia e tipo de cobertura do solo (UTSET & CID, 2001; VANAGS, et al., 2004).

A ocorrência de pontos de maior resistência nas camadas superficiais demonstram que a zona de saturação pode ocupar várias profundidades do perfil do solo influenciando de forma diferenciada na disponibilização de umidade para o lençol freático. Nas cotas 222,5 m (linha A) e 229, 231, 232 e 233,5 m (linha B) a resistência do solo foi maior na camada de 0-20 cm.

A espacialização descontínua dos pontos de maior umidade, dos padrões texturais, da vegetação e dos diferentes graus de adensamento no perfil do solo, associados aos níveis de instabilidade das encostas nos fez inferir que o abastecimento de água na AID da nascente

se dá por outros fatores influenciados por processos erosivos subterrâneos que formam dutos que descarregam a umidade em pontos específicos.

Estes processos erosivos estariam representados pela presença de *pipes* que seriam responsáveis pelo transporte da água das áreas saturadas para a nascente.

FARIA (1996) descreve os *pipes* como sendo “canais de drenagem tubulares no interior do solo, depósitos sedimentares e rochas decompostas, com diâmetros variando de poucos milímetros a mais de um metro”.

Os *pipes* podem ser formados a partir da expansão progressiva de um canal já existente cavado por raízes mortas e pela fauna (ONDA & ITAKURA, 1997), ou por erosão subterrânea que acontece quando a água que passa através do meio poroso produz força suficiente para liquefazer o material e carregá-lo até uma saída (BRYAN & JONES, 1997). Os requisitos mínimos para a formação de *pipes* são: influxo de água da superfície, solo ou sedimentos erodíveis e um gradiente de fluxo sub-superficial suficiente para transportar as partículas erodidas (HIGGINS & SCHONER, 1997). Para isso o solo deve ser coesivo o suficiente para manter as paredes do *pipe*, mas capaz de dispersar e separar as partículas de solo que serão carregadas pelo fluxo sub-superficial (DUNNE, 1990 *apud* HIGGINS & SCHONER, 1997).

Na área de estudo, foram detectados vários processos de *pipping*, que variaram de poucos centímetros a cerca de 1,5 m como pode ser observado na Figura 18.



Figura 18: *Pipes* existentes nas microbacias de Barra de Guaratiba, RJ: a) escavações da fauna; b) morte de raízes; c) movimentos subterrâneos da água de pequenos fluxos; e d) depressões do terreno por desestruturação dos grandes dutos de água.

GUTIÉRREZ et al. (1997) encontraram uma maior frequência de pipes de menor tamanho (poucos centímetros) nas encostas quando comparados aos locais de deposição de sedimentos nos vales, onde os *pipes* eram menos frequentes porém com maiores diâmetros (dezenas de centímetros). Segundo eles estas características devem estar relacionadas a diferentes variáveis hidrológicas, topográficas, mineralógicas, químicas e físicas promotoras do processo de *pipping*. Em locais específicos podem existir redes de canais subterrâneos que respondem pelo abastecimento do fluxo dos canais. Zhu (1997) observou no Plateau de Loess na China, 45 de um total de 75 túneis estavam ligados a apenas uma das seis saídas de fluxo, sendo responsáveis por boa parte da drenagem na bacia.

Segundo FARIA (1996) os *pipes* podem contribuir com mais de 56% dos fluxos dos canais de primeira ordem, em microbacias da Floresta da Tijuca. Em outros países de clima semi-árido a contribuição dos *pipes* também são bastante importantes sendo de 33% em áreas degradadas de Alberta (BRYAN & HARVEY, 1985 apud BRYAN & JONES, 1997), 43% em bacias hidrográficas na Ásia (ZHU, 1997), podendo chegar a 75% em épocas de degelo em Quebec (ROBERGE & PLAMONDON, 1987 apud BRYAN & JONES, 1997).

Além de contribuírem para a drenagem da bacia, em regiões áridas alguns *pipes* e túneis sem uma abertura para saída de água representam um ponto de retenção de água, que é absorvida pelo substrato ao redor e pode até recarregar o lençol freático ou servir de reserva às plantações (ZHU, 1997; HIGGINS & SCHONER, 1997).

Em solos de vertentes com uma alta permeabilidade lateral devido à presença de macroporos, *pipes* ou camadas muito permeáveis, os fluxos sub-superficiais gerados podem ser bastante rápidos sendo sua contribuição substancial (MOSLEY, 1979; WILSON et al., 1990).

Acredita-se que em microbacias com fragilidade ambiental como as de Barra de Guaratiba, a contribuição destes fatores para o abastecimento dos mananciais seja considerável gerando um modelo hidrológico diferenciado das bacias estáveis.

Os dados indicaram que para a nascente em Barra de Guaratiba as zonas de aeração e de saturação, possuem profundidade diferentes em uma área muito pequena. Em microbacias instáveis o comportamento destas zonas de aeração, saturação e supersaturação do solo se dão de forma heterogênea, onde as zonas de abastecimento dependem diretamente das características edáficas, topográficas e vegetacionais (Figura 19). Nestas áreas, a presença de controles estruturais no terreno, influenciam diretamente o comportamento da água nas zonas de aeração/infiltração (primeiras camadas de solo), saturação/transmissão (pouco mais profundas) e nas de supersaturação/lençol freático, determinando em parte como a água se movimenta dentro do solo.

A determinação de pontos onde a zona de saturação é maior e mais próxima à superfície, pode ser feita através da vegetação que indicou precisamente os pontos de maior umidade dentro da AID. Este efeito confere a estas zonas um importante papel de armazenar água o ano todo liberando-a gradualmente para o lençol freático, perenizando esta nascente.

Nas bacias estáveis as zonas de infiltração encontram-se homogeneamente distribuídas no perfil do solo, gerando estabilidade e previsibilidade nos processos de abastecimento do lençol freático (Figura 20).

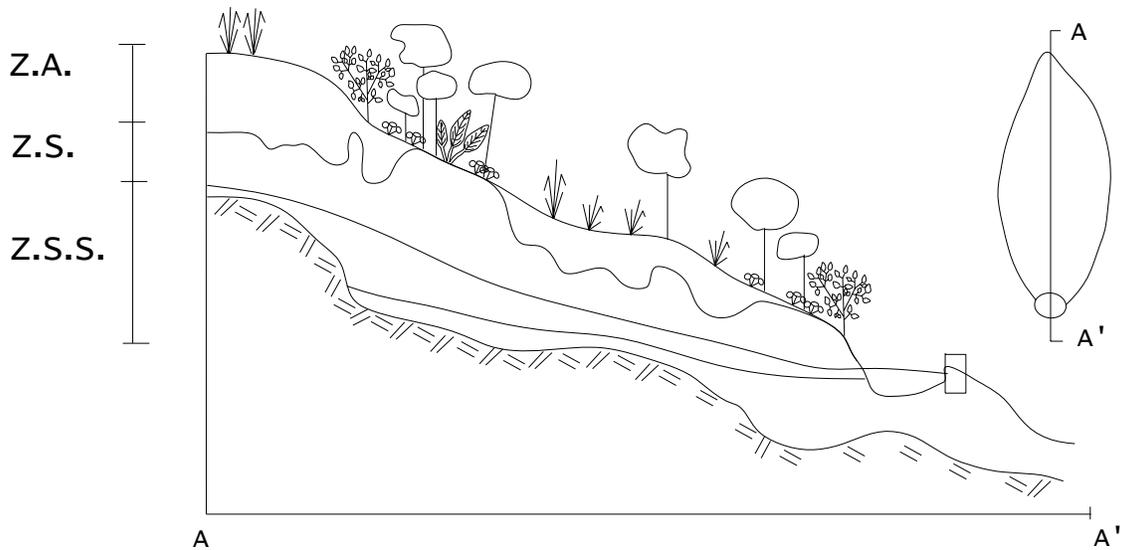


Figura 19: Corte transversal representando microbacias instáveis, mostrando distribuição heterogênea das zonas de aeração (Z.A.), de saturação (Z.S.) e super saturação (Z.S.S.) com vegetação indicando os pontos de maior umidade, onde a zona de saturação atinge profundidade rasa, chegando próxima à superfície.

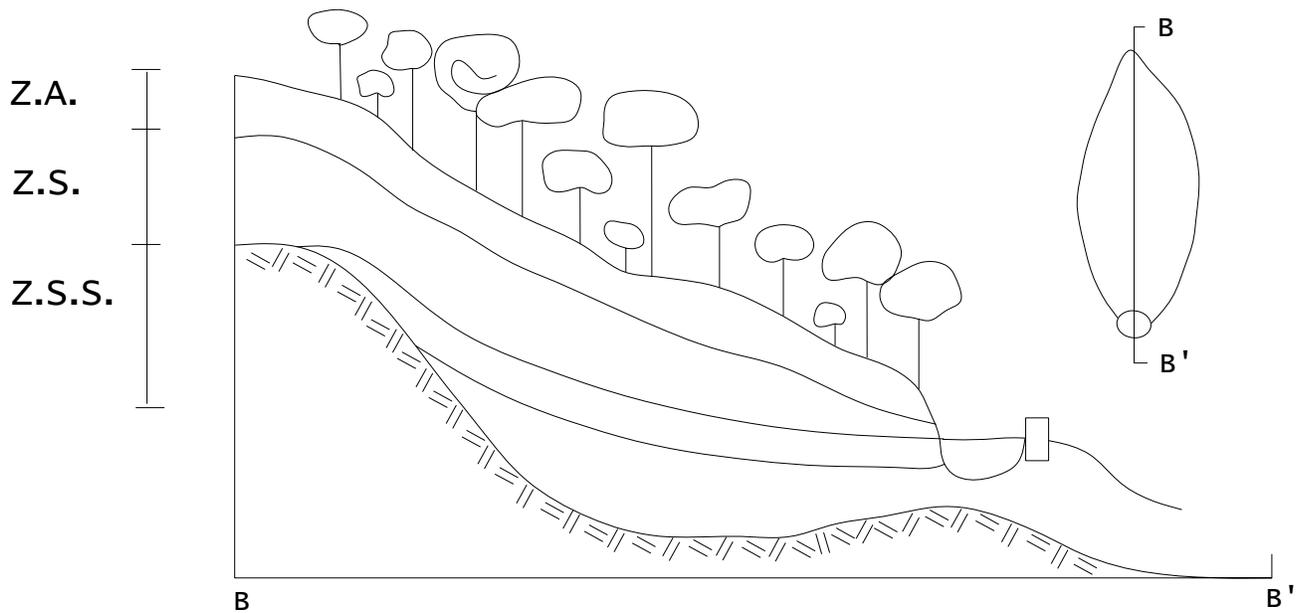


Figura 20: Corte transversal mostrando uma microbacia estável, onde a zona de aeração (Z.A.), saturação (Z.S.) e supersaturação (Z.S.S.) encontram-se homogeneamente distribuídas, levando à previsibilidade do comportamento do lençol freático.

4 Conclusões

- A umidade do solo nas épocas de seca evidenciou que a textura apresenta grande importância no armazenamento da água de recarga da nascente, sendo que o maior acúmulo coincidiu com os pontos com predomínio de silte e argila;
- As zonas de recarga, transmissão e principalmente a de afloramento, ocorrem espacialmente fragmentadas dentro da AID.
- O acúmulo de argila em muitos pontos foi maior na profundidade de 0-20 cm, auxiliando a retenção de umidade nesta camada, principalmente nos períodos de seca. Nos períodos de chuva a umidade se acumulou na camada de 20-40 cm;
- Os primeiros cinco metros de distância da nascente apresentaram solos predominantemente arenosos indicando que estes funcionam como um “duto” de recarga da nascente devido a sua permeabilidade;
- As espécies *Tibouchinia* sp, *Curcuma domestica*, *Calathea* sp, *Commelina diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Tradescantia zanoniana* e *Centella asiatica* se mostraram boas indicadoras de umidade para a AID em Barra de Guaratiba, RJ;
- Os dados do penetrômetro evidenciaram um solo menos adensado nas camadas superiores, influenciando positivamente na capacidade de absorção das chuvas, e com maior adensamento nas camadas inferiores que acumulam água. Alguns pontos indicaram maior adensamento nas camadas superficiais indicando que a zona de saturação ocupa profundidades diferentes na AID da nascente.
- As árvores plantadas na AID mesmo com metade das espécies sendo caducifólias apresentaram dossel bastante fechado nas duas épocas avaliadas (79 e 81 % de sombra), indicando uma oferta de umidade constante, evidenciada também pela perenidade da nascente;
- A presença de camadas menos adensadas no meio do perfil do solo, indicadas pelo penetrômetro, sugerem a presença de *pipes*, que podem ser importante para a contribuição hidrológica da nascente em ambientes fragilizados.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclusões:

- Os fatores morfométricos das 88 microbacias permitem inferir que há grande probabilidade dos fluxos do balanço hídrico responsáveis pela evasão serem maiores que os fluxos retardadores do escoamento da água nas microbacias como sistemas unitários de gerenciamento dos recursos hídricos;
- Foram registrados 28 nascentes perenes em 11 das 88 microbacias instáveis da região, sendo que apenas as de seis microbacias são responsáveis por abastecer 150 famílias, cujo consumo mínimo estimado remonta a 168 m³/dia;
- A somatória de todas as áreas de captação desta nascentes perenes totalizam 18,5 ha, ou 13 % da área total das 88 microbacias;
- Evidenciando que os processos hidrológicos ocorrem de forma particularizada, por setores dentro das microbacias. Estas variáveis na região foram identificadas e baseado nelas se determinou os seguintes tipos de nascentes: a) *Calha entulhada* com 24 unidades; b) *Encosta* com 3 unidades; e c) *Poço* com 1 unidade;
- O maior número de nascentes (21) nas vertentes voltadas para o Sul, Sudeste e Leste, sugerem que o fator orientação propiciou melhores condições de umidade para estas vertentes, tornando-as mais resilientes, além de auxiliar na sua recarga dos pequenos aquíferos. Este fato associado com o fator declividade permitiu nas nascentes de *calha entulhada* a explicação da melhor eficiência na administração da água nas encostas;
- Nas nascentes de encostas observou-se a importância da textura na retenção de umidade do solo em pequenas áreas dispersas em toda a área de influência direta, situada a montante da nascente (sedimentos finos) e na zona de transmissão para a nascente (sedimentos grosseiros);
- As espécies *Tibouchinia* sp, *Curcuma domestica*, *Calathea* sp, *Commelina diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Tradescantia zanoniana* e *Centella asiatica* se mostraram boas indicadoras de umidade para a AID em Barra de Guaratiba, RJ;
- O modelo hidrológico de funcionamento de uma nascente em microbacia instável obedece a uma estruturação de captação similar as das demais microbacias, mas na questão de armazenamento e administração dos recursos hídricos, ele é muito particularizado, onde os principais componentes são as condições de armazenamento.

Recomendações:

- A vegetação se constituiu em um excelente indicador de presença de umidade diferenciada nos sistemas hídricos capazes de manter a perenidade da nascente em microbacias instáveis. Seu estudo pode ser aperfeiçoado de modo a se aprimorar a eficiência dos programas de potencialização das nascentes;

- Nascentes de encostas apresentam mecanismos de retenção específicos e localizados. Elas podem constituir uma estratégia importante para gestão de nascentes em regiões similares, pois além de demandarem poucos insumos, se encontram em locais altos, que permitem o escoamento da água por gravidade para toda a região;
- O caminho seguido pela água em encostas de microbacias instáveis, ainda é pouco conhecido, fazendo-se necessário o seu estudo de forma detalhada para conhecimento e dinâmica das nascentes.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação de mata ciliar em nascentes**. 2004. Lavras, MG. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal na área de Manejo Ambiental. 175 p.
- ANTUNES, A. Ciclo hidrológico, água, solo e meio ambiente. Belo Horizonte, MG. **Extensão em Minas Gerais**, vol. 48, p. 16- 19, 1992.
- BAETS De, S.; POESEN, J.; GYSSELS, G. and KNAPEN, A. Effects of grass roots on the erodibility of topsoils during concentrated flow. **Geomorphology**, v.76, p.54–67, 2006.
- BARBOZA, R. S. **Caracterização das bacias aéreas e avaliação da chuva oculta nos contrafortes da serra do Mar-RJ**”. Dissertação de Mestrado. 2007. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ. Seropédica, RJ 56 p
- BEUSELINCK, L.; STEEGEN, A.; GOVERS, G.; NACHTERGAELE, J.; TAKKEN, I. and POESEN, J. Characteristics of sediment deposits formed by intense rainfall events in small catchments in the Belgian Loam Belt. **Geomorphology**, v.32, p.69–82, 2000.
- BOTELHO, S.A. & DAVIDE, A.C. 2002. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, belo Horizonte, MG. **Palestra...** pp.123-145
- BRASIL. **Lei nº 1.200 de 28 de Março de 1998**. Institui a criação do Parque Estadual da Pedra Branca.
- BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 004**, de 18 de setembro de 1985.
- BROWN, S. e LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, v. 2, n.2, pp.92-111, 1994.
- BRYAN, R.B. & JONES, J.A.A. The significance of soil piping processes: inventory and prospect. **Geomorphology**, v. 20, p. 209-218, 1997.
- CALHEIROS, R. de O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V. & CALAMARI, M. **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004. 40p.
- CAMARGO, J.L.C.; FERRAZ, I.D.K. e IMAKAWA, A.M. Degraded areas of Central Amazon using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, v.10, n.4, pp.636-644, 2002.
- CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M.A.L. e BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v.28, n.2, p.329-345, 2005.
- CASTRO, P.S. & GOMES, M.A. Técnicas para conservação de nascentes.. Viçosa, MG. **Ação Ambiental**, v.4 (20): 24-26. 2001.

- CASTRO, P.S. & GOMES, M.A. Técnicas de conservação de nascentes. Viçosa. **Revista Ação Ambiental**, v.4, n.20, p.24-26, 2001.
- CHAPPELL, N.A.; VONGTANABOON, S.; JIANG, Y. e TANGTHAM, N. Return-flow prediction and buffer designation in two rainforest headwaters. **Forest Ecology and Management**, v. 224, p.131–146, 2006.
- CORENBLIT, D.; TABACCHI, E.; STEIGER, J. e GUMELL, A.M. 2007. Reciprocal interactions and adjustment between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. **Earth Science reviews** 84: 56-86.
- COSTA, A.M.; SOUZA, M.A.S.; JÚNIOR, A.M.S.; FALQUETO, R.J. e BORGES, E.N. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos do cerrado. In: II Simpósio Regional de Geografia “Perspectivas para o Cerrado no século xxi” Universidade Federal de Uberlândia, MG. **Anais...** 2003.
- DOBSON, A.P.; BRADSHAW, A. D. e BAKER, A.J.M. Hopes for the future: Restoration Ecology and Conservation Biology. **Science**, 277: 515-522. 1997.
- DUNNE, T.H. Hydrology, mechanics, and geomorphic implications of erosion by subsurface flow. In: Higgins, C.G., Coates, D.R. (Eds.), *Groundwater Geomorphology; the Role of Subsurface Water in Earth-Surface Processes and Landforms*. **Geol. Soc. Am. Spec. Pap.** V. 252, p. 1-28, 1990.
- ELMORE, W. & BRESCHTA, R.L. Riparian Areas: perceptions in management. **Rangelands**, v.9, n.6, p 260-265, 1987.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e conservação de Solos, 1979. 247p.
- ESTADO DO RIO DE JANEIRO**, 1998. Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba Relatório R-6 TOMO II Diretrizes para Desenvolvimento Sustentável Agropecuário e da Atividade de Mineração.
- FARIA.A.P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A água em revista**, Rio de Janeiro. v. 8, p. 74-80. 1997
- FARIA.A.P. **Dinâmica e Fragilidade das Bacias Fluviais de Primeira Ordem**. 1996. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 216 p.
- FIDERJ. **Fundação de desenvolvimento econômico e social do Rio de Janeiro. Indicadores climatológicos do Estado do RJ**, 156p. 1978.
- FUNDREM** Folhas 308C-IV-3, 308D-III-1, 308C-IV-6, 308D-III-4. PCRJ/SMPCE. 1975.
- GOTTFRIED, R.R. The value of a watershed as a series of linked, multiproduct assets. **Ecol.Econ.** v.5, n.2, p.145–161, 1992.
- GREGORY, K.L. & WALLING, D.E. **Drainage Basin Form and Process: a geomorphological approach**. London, Edward Arnold, 1985. 458p.
- GUTIÉRREZ, M.; SANCHO, C.; BENITO, G.; SIRVENT, J. and DESIR, G. Quantitative study of piping processes in badland areas of the Ebro Basin, NE Spain. **Geomorphology**, v.20, p. 237-253, 1997.

- HALE, S.E. & BROWN, N. Use of the canopy-scope for assessing canopy openness in plantation forests. **Forestry**, v.78, n. 4, p. 2005.
- HEWLETT, J.D.& NUTTER, W.L. **Principles of forest hydrology**. The University of Georgia Press. Athens.Georgia. 1969, 183 p.
- HIGGINS, C.G. & SCHONER, C. Sinkholes formed by piping into buried channels. **Geomorphology**, v.20, p. 307-312, 1997.
- HIRATA, R. Recursos hídricos. In: **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, 2001. pp. 421-444.
- JACOBSON, P.J.; JACOBSON, K.M.; ANGERMEIER, P.L. and CHERRY, D.S. Hydrologic influences on soil properties along ephemeral rivers in the Namib Desert. **Journal of Arid Environments**, v.45, p.21–34, 2000.
- JENNINGS, S.B.; BROWN, N.D. and SHEIL, D. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry**, v.72, n.1, p.59-73, 1999.
- KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: (Org.) TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, 2001. pp. 114-138.
- LIMA, P.R.A. & LEOPOLDO, P.R. Interceptação de chuva por Mata Ciliar na região central do Estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**, v.14, n.3, p. 25-33, 1999.
- LIMA, W.P. **Princípios de Hidrologia florestal para o manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba. E. A. Luis de Queiroz/ USP, 1986. 143 p.
- LIMA-e-SILVA, P.P.; GUERRA, J.T.A.; MOUSINHO, P.; BUENO, C.; ALMEIDA, F.G.; MALHEIROS, T. e SOUZA Jr., A.B. **Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais**. 2ª edição. Rio de Janeiro, Ed. Thex. 2002, 251p.
- MARQUES, O.; TIENNE, L; CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Atributos ambientais definidores de presença de fragmento florestal em Mata Atlântica em microbacias instáveis. **Revista Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Série Ciências da Vida**. V.24, n.2, P. 145-150, 2004.
- MARTINS, C.R.; LEITE, L.L. e HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.739-747, 2004.
- MIRITI, M.N. Regeneração florestal em pastagens abandonadas na Amazônia central: competição, predação e dispersão de sementes. In: (Ed.) GASCON,C.& MOUTINHO,P. **Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus, 1998. pp.179-190.
- MOLINARI, D.C., Hidrologia superficial em encostas: infiltração de água e movimentos de massa - o caso da fazenda Caipuru -Presidente Figueiredo – Amazonas. **Revista Discente Expressões Geográficas**, n.1, p. 57-71, 2005.
- MOSLEY, M.P. Streamflow generation in a forested watershed, New Zealand. **Water Resources Research**, v.15, n. 4, p. 795–806, 1979.
- NASCIMENTO, R.A.M. 1998. **Fundamentos da Ciência do Solo**. Seropédica, UFRRJ. (Material Básico para a Disciplina Fundamentos e Ciências do Solo).
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, RJ, 1998. 434p.

- ONDA, Y. & ITAKURA, N. An experimental study on the burrowing activity of river crabs on subsurface water movement and piping erosion. **Geomorphology**, v.20, p. 279-288, 1997.
- ONO, S.; PORTO, R.L.; OLIVEIRA, C. de P. M. e SUSKO, S. Modelo MEL-AT – Previsão e Modelagem de Vazões para a Bacia do Alto Tietê. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE. **Anais...** p. 3505-3512, 2007.
- OTTONI NETO, T.B. **Fundamentos de engenharia ambiental com a Amazônia em recursos hídricos: perenização e regularização fluvial**. 1995.232p.
- PALMIERI, F. **Levantamento semidetalhado e aptidão agrícola dos solos no Município do Rio de Janeiro- Rio de Janeiro**. EMBRAPA/SNLCS, 1980.
- PARROTA, J.A.; KNOWLES, O.H. e WUNDERLE Jr., J.M. Development of floristic diversity in 10-years-old restoration forests on bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.99, p. 21-42, 1997.
- PCRJ **As Florestas preservando a cidade**. Rio de Janeiro, RJ. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. PCRJ. 1999, 19p.
- PCRJ- SMAC- CRA. **Manual de Normatização do Projeto Mutirão Reflorestamento- Rio de Janeiro- RJ 2000**.
- PEREIRA, V.P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p.
- PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestales**, v.65, p.197-206, 2004.
- PINTO, L.V.A.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. e MACHADO, E.L.M. Distribuição das espécies arbóreo-arbustivas ao longo do gradiente de umidade do solo de nascentes pontuais da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Cerne**, v.11, n.3, p. 294-305, 2005.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. Ed. Nobel, São Paulo. 1982.
- REIS, A. Fundação o Boticário de Proteção a Natureza. Natureza e Conservação. Curitiba-PR. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. (Org.) KAGEYAMA, P.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ANGEL, V.L.; GANDARA, F.B. Botucatu, SP. Ed. FEPAF, 2003. 340 p.
- RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza**. 5ª ed. Ed. Guanabara- Koogan. 2001. p.503.
- RODRIGUES. Recuperação de nascentes em microbacias da cuesta de Botucatu. Pp. 05-27. In: **Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais**. (Org.) RODRIGUES, V.A. & BUCCI, L.A., Botucatu, SP. FEPAF, pp.143-159. 2006.
- RODRIGUES, R. R.; SHEPERD G. J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. ed. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Edusp, São Paulo. p. 101-107, 2000.
- RODRIGUES, V.A. & CARVALHO, W.A. Caracterização ambiental da (APP) Zona ripária. In: **Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais**. (Org.) RODRIGUES, V.A. & BUCCI, L.A., Botucatu, SP. FEPAF, pp.143-159. 2006.
- SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo.Documentos, 30).

Society for Ecological Restoration Science e Policy Working Group. 2002. The SER Primer on Ecological Restoration. < www.ser.org/> acessado em Set/ 2003.

SILVA, M.A.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e sedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos, SP. Ed. RiMa. 2003, 140 p.

SILVA, M.A.S; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C. e MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v.35, n.3, 2005.

SILVA, W.R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** (Org. KAGEYAMA,P.; OLIVEIRA,R.E.; MORAES,L.F.D.; ANGEL,V.L.; GANDARA, F.B). Botucatu, SP. Ed. FEPAF, 2003. 340p

SOUZA, C.P.M. **Análise de alguns aspectos de dinâmica florestal em uma área degradada no interior do Parque Estadual do Jurupará, Ibiúna, São Paulo.** 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, F.M. & BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semi deciduous Forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **ESALQ, USP. Forest Ecology and Management**, v.191, p. 185-200, 2004.

STAVI, I.; UNGAR, E.D.; LAVEE, H. and SARAH, P. Surface microtopography and soil penetration resistance associated with shrub patches in a semiarid rangeland. **Geomorphology**, v. 94, p. 69–78, 2008.

STEIGER, J.; TUBACCHI, E.; DUFOUR, S.; CORENBLIT, D.; PEIRY, J.L. Hydrogeomorphic processes affecting riparian habitat within alluvial channel-floodplain river system, a review for the temperate zones. **River Research and Applications**, v.21, p. 719-737, 2005.

SUGUIO, K. BIGARELLA, J.J. & BECKER, R.D. **Ambientes de Sedimentação – Sua Interpretação e Importância - Ambiente Fluvial**, UFP/ADEA, Curitiba, 1979.

TOEBES, C. e OURYVAEV, V. **Representative and Experimental Basins- An International Guide for Research and Praticce.** UNESCO, Place de Fontenoy, Paris. 1970, 341p.

UTSET, A. & CID, G. Soil penetrometer resistance spatial variability in a Ferralsol at several soil moisture conditions. **Soil & Tillage Research**, v.61, p. 193–202, 2001.

VALCARCEL, R. “Meio ambiente”. In: **Plano diretor de desenvolvimento sustentável, Armação dos Búzios – RJ, Perfil do município – texto para discussão.** Armação dos Búzios: Prefeitura Municipal de Armação dos Búzios, Secretaria de Planejamento e Urbanismo, 2003, disponível em <www.buzios.rj.gov.br> ou <www.ufrj.br/institutos/if/lmbh/>, acessado em abril 2007.

VANAGS, C.; BUDIMAN, MINASNY, B. and MCBRATNEY, A.B. The dynamic penetrometer for assessment of soil mechanical resistance. SuperSoil 2004: **3rd Australian New Zealand Soils Conference.** Disponível em: www.regional.org.au/au/asssi/ acessado em dezembro de 2007.

VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. **Soviet Soil Science**, v. 4, n.1, p.90-101, 1972.

VIANELLO, R.L. & ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** UFV. 449 p. 2002.

- WANG, G.G. Use of understory vegetation in classifying soil moisture and nutrient regimes. **Forest Ecology and Management**, v.129, p. 93-100, 2000.
- WHITMORE, T.C.; BROWN, N.D.; SWAINE, M.D.; KENNEDY, D.; GOODWIN-BAILEY, C.I. and GONG, W.K. Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. **J. Trop. Ecol.** v.9, p.131–151, 1993.
- WIEDMANN, S.M.P. & DORNELLES, L.D.C. Legislação Ambiental aplicada à Mata Ciliar. In: Simpósio Mata ciliar: Ciência e Tecnologia, 1999, Belo Horizonte, MG. **Palestras**. Lavras. P. 01-11.
- WILSON, G.V., JARDINE, P.M., LUXMOORE, R.J., JONES, J.R. Hydrology of a forested hillslope during storm events. **Geoderma**, v.46, p. 119–138, 1990.
- WINTER, E.G. **A água, o solo e a planta**. São Paulo. EDUSP. 1976, 170 p.
- ZAKIA, M.J.B.; **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de Florestas**. 1998. Tese apresentada para obtenção do título de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos, SP. 99 p.
- ZHU, T.X. Deep-seated, complex tunnel systems a hydrological study in a semi-arid catchment, Loess Plateau, China. **Geomorphology**, v.20, p. 255-267, 1997.