

## 4 Procedimentos metodológicos

### 4.1 Precipitação no Rio Centro

#### 4.1.1 Descrição da estação pluviométrica do Rio Centro

A estação Rio Centro situa-se na latitude sul 22° 00' 52", longitude oeste 43° 31' 08", ao nível do mar, no endereço Centro de Convenções – Av. Salvador Allende, 6555 – Barra da Tijuca, de Janeiro. Os dados utilizados foram obtidos através do site da GEORIO<sup>20</sup>. A GEORIO passou a monitorar 32 pontos na cidade do Rio de Janeiro após o ano de 1996 quando diversos escorregamentos foram deflagrados nos maciços montanhosos do município devido à grande frequência e intensidade de eventos de chuva durante o verão do referido ano (FIGUEIRÓ, 2005). Portanto a série histórica com anos completos situa-se entre 1997 e 2010.

O Rio Centro é uma estação remota que possui um pluviômetro automático do tipo tipping-bucket, um computador com sistema de aquisição de dados, rádio UHF, antena, painel solar e bateria. As leituras são automáticas e transmitidas por rádio até a estação central, dispensando operadores. Para a manutenção preventiva, as estações estão equipadas com sensores que permitem avaliar a performance da rede remotamente. A estação pluviométrica tem seus dados repassados após intervalo de 15 minutos, via rádio, à estação central. A precipitação pluviométrica é medida a uma resolução de 0,2 mm.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup>Fundação Instituto de Geotécnica do município do Rio de Janeiro:  
[www2.rio.rj.gov.br/georio/site/alerta/download.htm](http://www2.rio.rj.gov.br/georio/site/alerta/download.htm).

<sup>21</sup> ([www.rio.rj.gov.br/georio/alerta/](http://www.rio.rj.gov.br/georio/alerta/))

#### 4.1.2

### Análise dos dados de precipitação da estação Rio Centro<sup>22</sup>

A figura 4.1 representa esquematicamente a estrutura de análise aplicada nos dados do regime pluviométrico do Rio Centro. O procedimento metodológico utilizado foi descrito em Togashi (2009), adaptado de Figueiró (2005). Inicia-se a avaliação do regime de chuvas no Rio Centro pela escala temporal mais ampla, a anual, para depois aproximá-la até a escala mensal. Na escala anual, as abordagens são a caracterização do regime na década de 2001-2010, a comparação da tendência decenal do Rio Centro com a secular do Aterro do Flamengo por ser a mais longa disponível e a verificação de possíveis

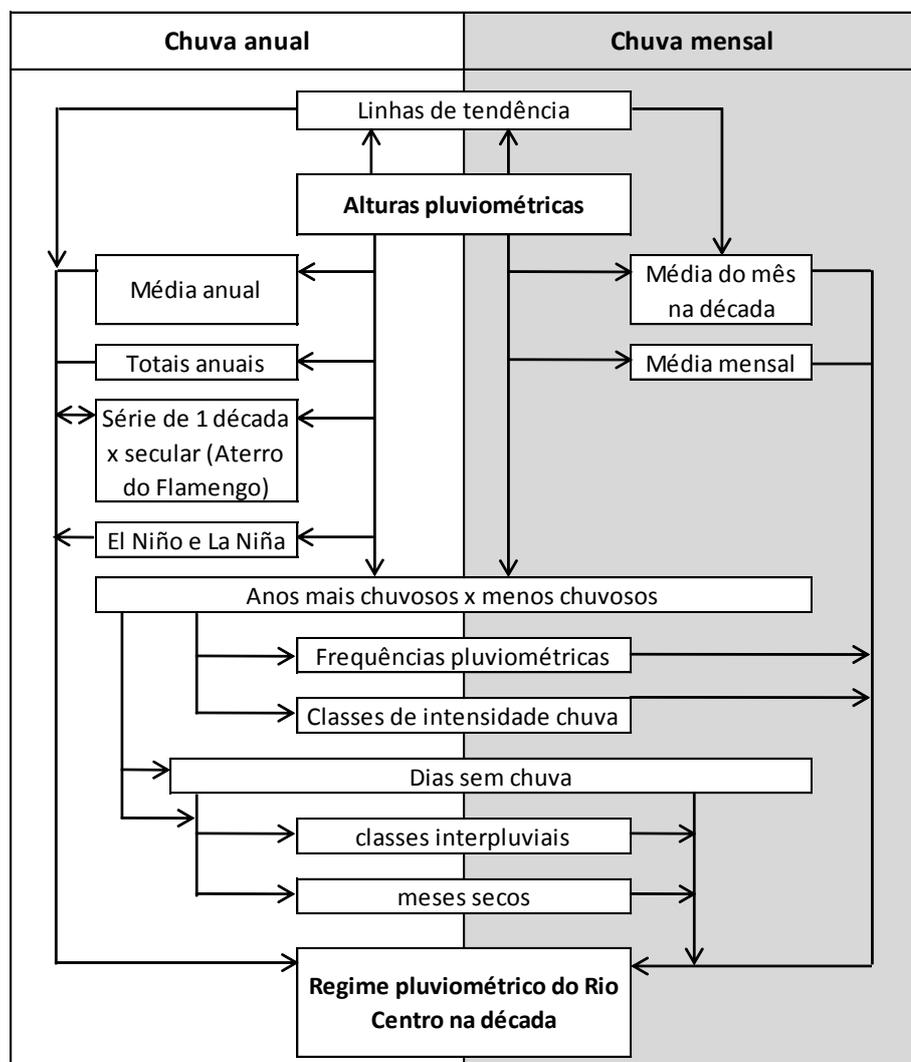


Figura 4.1: Fluxograma metodológico das principais análises de chuva (Estação Rio Centro) utilizadas neste trabalho.

<sup>22</sup> Resultados preliminares não produzidos para o exame de qualificação

influências dos fenômenos El Niño e La Niña da dinâmica pluviométrica do Rio Centro. O foco da avaliação mensal foi compreender o comportamento de cada mês separado e agrupado em estações durante o decorrer da década. Para efeito de comparação, as médias dos meses foram calculadas para os cinco anos mais chuvosos e para os cinco menos chuvosos.

Após a avaliação dos totais, das médias e das tendências nas escalas temporais anual e mensal, torna-se possível investigar também a intensidade das chuvas usando como ferramenta a divisão por classes. A classe 1 tem chuvas de até  $10 \text{ mm.dia}^{-1}$ . A classe 2 fica entre  $10,1 \text{ mm.dia}^{-1}$  e  $50 \text{ mm.dia}^{-1}$ . A classe 3 engloba as precipitações cuja intensidade varia entre  $50,1 \text{ mm.dia}^{-1}$  e  $100 \text{ mm.dia}^{-1}$ ; e a classe 4, os eventos acima de  $100 \text{ mm.dia}^{-1}$  (MIRANDA, 1992; FIGUEIRÓ, 2005). Finalizando a análise, a utilização do número de dias sem chuva e de classes de dias interpluviais ou dias consecutivos sem chuva possibilitou identificar e qualificar a presença de estresse hídrico. Nas classes interpluviais, eventos de 1 a 3 dias de duração pertencem à classe 1, de 4 a 7 dias à classe 2, de 8 a 11 dias à classe 3 e acima de 12 dias à classe 4. (FIGUEIRÓ, 2005). Consideraram-se ainda como meses secos aqueles com menos de 100 mm mensais (FIGUEIRÓ, 2005).

## **4.2 Precipitação e fluxo de atravessamento na sub-bacia do rio Caçambe**

### **4.2.1 Descrição dos coletores**

O pluviômetro cilíndrico simples em PVC ou em garrafas plásticas PET e os pluviômetros em calha são os coletores manuais mais utilizados em estudos de monitoramento da precipitação incidente em aberto e do fluxo de atravessamento. Neste trabalho, adotou-se o pluviômetro cilíndrico simples (figura 4.2) confeccionado nos moldes descritos por SATO (2008). A partir de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, foram cortadas peças de 300 mm de altura. Cada uma destas peças recebeu uma base “cap” permitindo o armazenamento de água incidente. Estas bases conectam os tubos por encaixe. As fendas entre os encaixes foram seladas com silicone. Esmerilharam-se as

bordas de cima, tornando-as cortantes para evitar o “splash” de gotas em uma superfície ligeiramente mais ampla.

Em cada um dos pluviômetros, foi inserido um funil com malha 1,0 mm na parte mais estreita para filtrar qualquer material grosseiro. Uma bola de pingue-pongue foi colocada no funil, para amenizar as perdas por evaporação, funcionando como uma “tampa” para a água acumulada no coletor. Os pluviômetros foram fixados por fatias de câmara de pneu de motocicleta em estacas de madeira de 1,20 m, ficando cerca de 80 cm do solo para evitar contaminação por salpico.

O fluxo de tronco, por sua baixa representatividade nos valores totais de perda por interceptação (LUNDGREN e LUNDGREN, 1979; MIRANDA, 1992; UBURANA e NOBRE, 1994; VALENTE *et al.*, 1997; DIETZ *et al.*, 2006; CICCO *et al.*, 2007), foi desconsiderado neste trabalho.



Figura 4.2. Pluviômetro simples em PVC.

#### 4.2.2

#### Definições das tipologias vegetais e distribuição dos coletores

A instalação dos coletores se deu no dia 04 de novembro de 2009, em um transecto de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>, com 3 tipologias vegetais diferenciadas. A figura 4.3 mostra a disposição dos pluviômetros na área e a figura 4.4 representa esquematicamente o perfil norte-sul do transecto. Foram tomados 4 pontos (01, 04, 13 e 14) em GPS com resolução máxima de 5 metros. Todas as distâncias entre pluviômetros foram mediadas com uma trena, já que algumas eram menores do que 5 m. Utilizando o software Arcmap, o conjunto de pontos

referentes aos pluviômetros foram sobrepostos da forma mais próxima possível com os pontos tomados pelo GPS. As isolinhas e posição do rio foram retiradas do banco de dados do LABGIS – Núcleo interdisciplinar de Meio ambiente - NIMA/PUC-Rio.

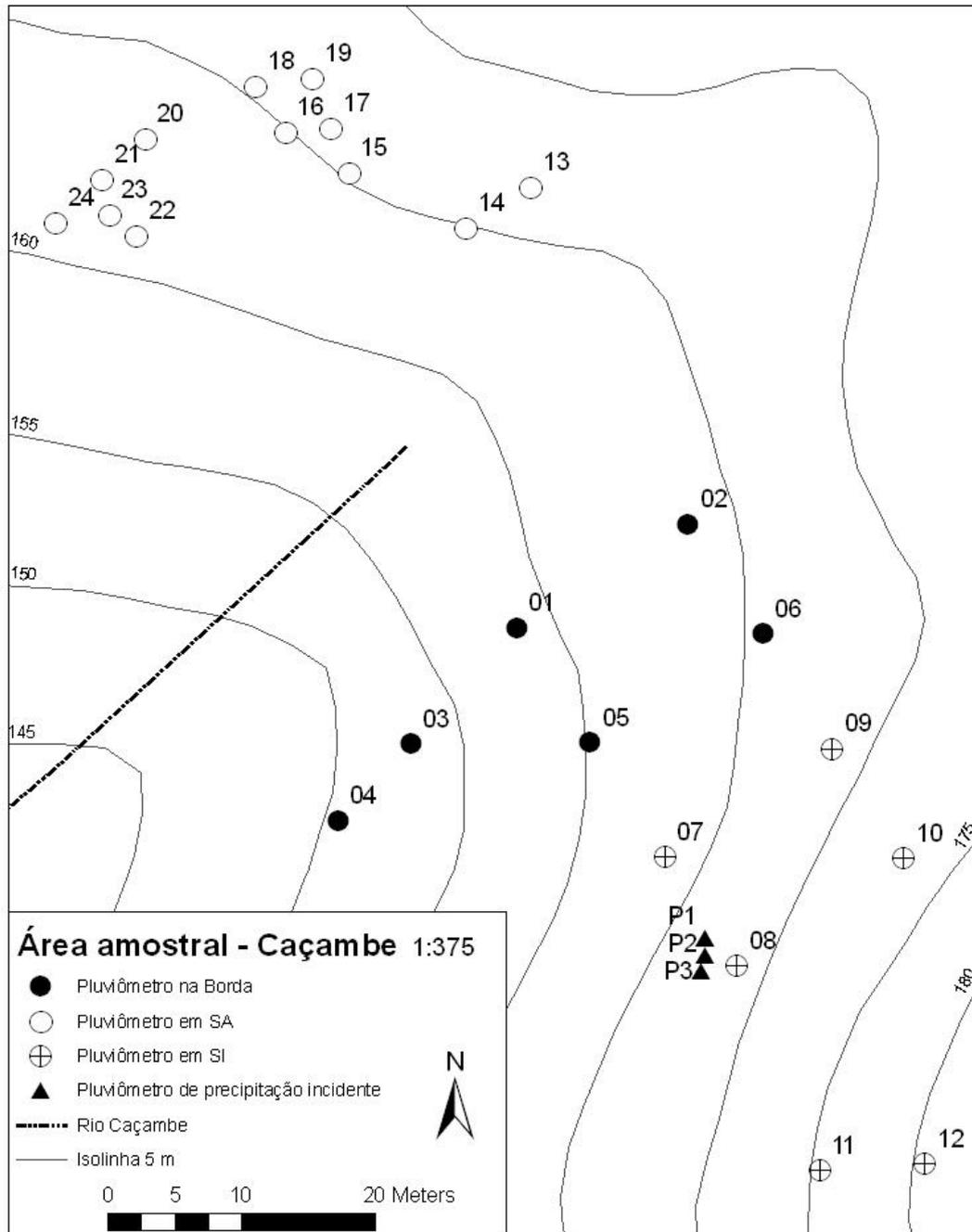


Figura 4.3. Disposição dos pluviômetros segundo as tipologias vegetais secundária inicial (SI), borda, secundária avançada (SA) e para precipitação incidente (P) na área amostral da sub-bacia do rio Caçambe, e suas cotas altimétricas a cada 5 metros.

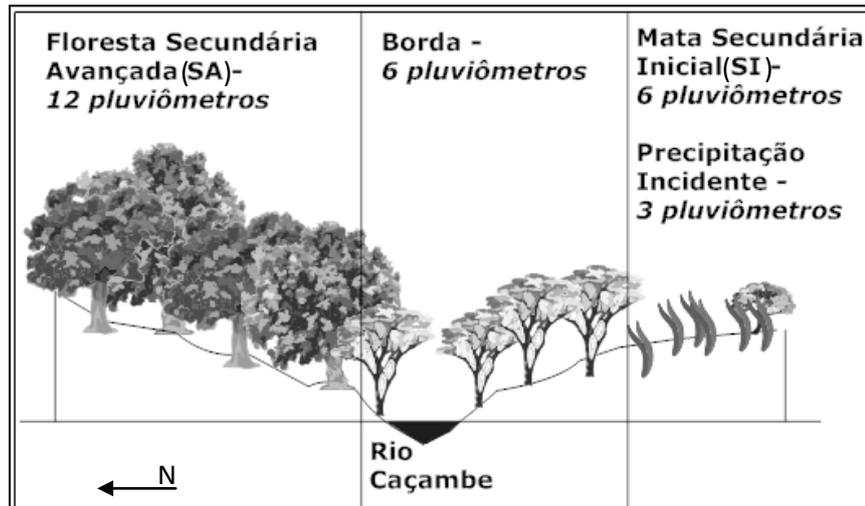


Figura 4.4. Representação esquemática do perfil norte-sul da área amostral na sub-bacia do Caçambe, considerando o número de pluviômetros e tipologia vegetal.

Em um total de 24 pluviômetros, identificou-se por numeração de 1 a 6 os situados na tipologia Borda, de 7 a 12 na tipologia SI (iniciais de secundária inicial) e de 13 a 24 os situados na tipologia SA (iniciais de secundária avançada). Torna-se importante destacar que a divisão em três tipologias (SI, Borda e SA) é apenas para efeito de análise. Procura-se assim estabelecer diferenças entre domínios vegetacionais com processo de sucessão que constituam uma “unidade”. Estas três tipologias inserem-se na paisagem, alteram-se no tempo, não são estanques ou congeladas, nem isoladas. Estão ligadas à dinâmica do uso conferido à paisagem e às condições físico-químicas locais. Por essas características pode haver tanto uma sucessão como uma regressão.

A parte do transecto de tipologia SA encontra-se em uma área composta por floresta secundária avançada com cerca de 60 anos, com uso pretérito de extração de madeira e fabricação de carvão vegetal. O transecto SI ocupa um trecho de mata secundária inicial com 8 anos de idade, em processo de regeneração a partir de um pasto abandonado (SOLÓRZANO *et al.*, 2005, ABREU, 2006). O rio Caçambe atravessa o transecto dividindo SA para um lado e SI junto com a área onde se desenvolve uma zona de Borda no contato com o antigo pasto (SI) para o outro. Mais precisamente, para efeitos de divisão, considerou-se o rio como o limite entre SA e a Borda. A tabela 4.1 contém algumas características da floresta secundária avançada e da área de transição sob influência de efeito de borda, demonstrando suas principais diferenças.

Tabela 4.1. Parâmetros da vegetação na área amostral. A área de floresta abaixo é a mesma para ambos autores e para este trabalho, no transecto SA. (Fonte: SOLÓRZANO *et al.*, 2005,p.91; DIAS, 2008, p.22-23)

Parâmetro	Solórzano <i>et al.</i> (2005)	Dias (2008)	
	Fundo de vale (Floresta)	Borda	Floresta
Número de espécies	41	25	28
Área amostrada (m <sup>2</sup> )	2.500	800	800
Espécies raras *	51,20%	48%	64%
Densidade (ind./ha)	1.016	937,5**	1.125**
Espécies/100 m <sup>2</sup>	1,6	3,1	3,5
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	25,3	25,7	31,8
Indivíduos amostrados	254	75	90
Diâmetro máximo (cm)	45	51	76
Diâmetro médio (cm)	14,9	13	16,2
Altura máxima (m)	25	20	25
Altura média (m)	9,8	8	10,6
Troncos múltiplos	5,90%	5%	13%
Indivíduos mortos em pé	10,20%	14%	10%

\* Considera-se como rara a espécie que foi amostrada com um único indivíduo.

\*\* Calculado a partir dos dados fornecidos pela autora

A parte do transecto SI, em estágio sucessional inicial é composta basicamente de capim colônio (*Panicum maximum*), arbustos de assa-peixe (*Vernonia polyanthes*), alecrim (*Baccharis dracunculifolia*) e camarará (*Gochnatia polymorpha*), atingindo no máximo 3 metros de altura e contando com a presença de indivíduos arbóreos apenas isoladamente (OLIVEIRA, 2005; ABREU, 2006). Apesar de contar com mais indivíduos arbóreos, a borda possui altura menor de copas em relação à floresta SA, dossel com mais aberturas, a presença de espécies vegetais rasteiras também presentes em SI, além do cultivo pontual de bananeiras, prática não encontrada em SA. O efeito de borda foi confirmado em levantamento fitossociológico dos indivíduos arbóreos (o critério de inclusão da autora foi DAP > 5 cm), e pela análise dos grupos ecológicos sucessionais a que pertencem os indivíduos arbóreos, feito por Dias (2008) na área (tabela 4.2).

Para o levantamento fitossociológico da área de floresta secundária avançada SA (tabela 4.3), o critério utilizado por Solórzano *et al.* (2005) para inclusão de indivíduos foi perímetro altura peito (PAP) igual ou superior a 15 cm. Em indivíduos ramificados, foram incluídas todas as ramificações abaixo de 1,30 m com PAP  $\geq$  15 cm. Verifica-se na tabela 4.3 que espécies secundárias tardias já estão presentes significativamente, caracterizando um estágio de sucessão avançado, mas não maduro, ainda com presença de espécies pioneiras e secundárias iniciais. Considerando-se que a área de pasto abandonado (SI) é constituída basicamente de espécies pioneiras, a tabela 4.2 assinala uma área

de transição entre SI e SA, ou Borda, com predomínio tanto de espécies tipicamente pioneiras, quanto secundárias iniciais.

Tabela 4.2. Parâmetros fitossociológicos calculados na Borda do fundo de vale na bacia do rio Caçambe, Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro (RJ). As 10 maiores espécies são mostradas em ordem decrescente de VI (Fonte: DIAS, 2008, p.27).

Espécie	N	DRs	DoRs	FR	VC	VI	Grupo ecológico
<i>Guarea guidonia</i>	17	22,7	30,9	13,6	53,5	67,2	s. inicial
<i>Piptadenia gonoachanta</i>	5	6,7	27,2	11,4	33,9	45,3	pioneira
<i>Cecropia glaziovii</i>	15	20	15,7	9,1	35,7	44,8	pioneira
<i>Boehmeria caudata</i>	6	8	0,7	6,8	8,7	15,5	pioneira
<i>Gochnatia polymorpha</i>	3	4	1,9	4,5	5,9	10,4	pioneira
<i>Cedrela odorata</i>	2	2,7	3	4,5	5,7	10,2	s. inicial
<i>Nectandra membranacea</i>	2	2,7	4,9	2,3	7,5	9,8	s. tardia
<i>Allophylus sericeus</i>	3	4	0,5	4,5	4,5	9	s. inicial
<i>Luehea</i> sp.	2	2,7	1,6	4,5	4,3	8,8	pioneira
<i>Machaerium firmum</i>	2	2,7	2,5	2,3	5,2	7,5	s. inicial

N= número de indivíduos amostrados; DRs = densidade relativa por espécie (%); DoRs = dominância relativa por espécie (%);FR= Freqüência Relativa (%);VC = valor de cobertura; VI= Valor de Importância.

Tabela 4.3. Parâmetros fitossociológicos calculados no interior do fundo de vale na bacia do rio Caçambe, Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro (RJ). As 10 maiores espécies são mostradas em ordem decrescente de VI (Fonte: SOLÓRZANO *et al.* 2005, p.94). O N de Solórzano *et al.* (2005) foi maior do que de Dias (2008), como mostra a tabela 4.2.

Espécie	N	DRs	DoRs	FR	VC	VI	Grupo ecológico
<i>Guarea guidonia</i>	122	53,5	45,1	21,1	98,6	119,7	s. inicial
<i>Piptadenia gonoachanta</i>	17	7,5	20,7	11,4	28,2	39,6	pioneira
<i>Nectandra membranacea</i>	13	5,7	9,8	7	15,5	22,5	s. tardia
<i>Allophylus sericeus</i>	7	3,1	3	5,3	6,1	11,4	s. inicial
<i>Anadenathera colubrina</i>	5	2,2	2,7	4,4	4,9	9,3	pioneira
<i>Persea gratissima</i>	4	1,8	3,4	3,5	5,1	8,6	n definida
<i>Ficus insipida</i>	5	2,2	2,8	3,5	5	8,5	s. tardia
<i>Guarea macrophylla</i>	5	2,2	0,5	4,4	2,7	7,1	s. tardia
<i>Ceiba speciosa</i>	4	1,8	1,2	3,5	3	6,5	s. inicial
<i>Cordia trichotoma</i>	4	1,8	0,3	2,6	2,1	4,7	pioneira

N= número de indivíduos amostrados; DRs = densidade relativa por espécie (%); DoRs = dominância relativa por espécie (%);FR= Freqüência Relativa (%);VC = valor de cobertura; VI= Valor de Importância.

No sítio amostral, Solórzano *et al.* (2005) e Dias (2008) observaram a dominância da espécie *Guarea guidonia*, da família Meliaceae, constatável pela observação das tabelas 4.2 e 4.3. A hipótese mais provável é que seja decorrente do processo seletivo do corte de lenha no passado. *Guarea guidonia*, uma espécie perenifólia, heliófita e seletiva higrófila, possui densa copa e estrutura foliar que sugere boa interceptação de chuvas (SOLÓRZANO *et al.* , 2005; SANTOS, 2009; SOUSA *et al.*, 2009).

Com a finalidade de obter representatividade espacial, as distâncias entre os pluviômetros devem ficar de pelo menos 5 m a até 15 m (VALCARCEL, 1985;

SCHELLEKENS *et al.*,1999; LLORENS e DOMINGOS, 2006). A tabela 4.4 lista as distâncias entre pluviômetros adotadas neste trabalho, já representadas anteriormente na figura 4.3. Na parte do transecto que atravessa SI e a Borda, inicialmente instalou-se duas fileiras, com pluviômetros a cada 10 m, distantes paralelamente 15 m uma da outra. Tentou-se manter um padrão simétrico ao posicionar a terceira linha mas a presença de declives acentuados e matacões impossibilitou a instalação. Optou-se por espalhar os outros 4 pluviômetros segundo a cobertura vegetal (dois para tipologia secundária inicial e dois para a borda). Na tipologia SA, adotaram-se os mesmos pontos amostrais utilizados por Nogueira (2008). A distância entre os pluviômetros SA e os pluviômetros da borda (e de SI) é de cerca de 30 metros.

Tabela 4.4. Maiores e menores distâncias (metros) entre os pluviômetros utilizados neste trabalho.

	SA	SI	Borda	P
<b>Maior distância entre pluviômetros vizinhos (m)</b>	10	15	15	1
<b>Menor distância entre pluviômetros (m)</b>	3	8	8	1

Na área e nas proximidades, o pluviômetro 8 é o único que se situa em área livre de cobertura vegetal. Os outros pluviômetros em vegetação secundária inicial sofrem influência de arbustos e mesmo árvores isoladas. Por esse motivo, o pluviômetro 8 foi considerado controle da precipitação em aberto até a décima coleta no dia 09 de março de 2010. Torna-se importante destacar que a não utilização de nenhum pluviômetro padrão, como por exemplo, Ville de Paris ou Hellmann, implica em redução da confiabilidade dos dados observados. Para aumentar a confiabilidade destes dados, no dia 12 de março de 2010, instalou-se mais 3 pluviômetros controle, distantes 1 metro entre si e a 3 metros do pluviômetro 8. Desde então, a precipitação em aberto é considerada a média entre os 3 coletores-controle. Deve-se levar ainda em conta um erro associado pela instalação dos pluviômetros não ter sido realizada em terreno plano e com grama em volta. Na área em questão, o relevo é declivoso. Apesar destas limitações, procurou-se na instalação nivelar planamente a boca de captação do pluviômetro, o máximo possível. A área também é aberta suficientemente para que os efeitos da cobertura vegetal adjacente não fossem representativos.

### 4.2.3 Procedimentos das coletas

A partir das medições de cada pluviômetro realizadas por proveta de 500 ml graduada a cada 5 ml<sup>23</sup>, converteu-se volume em mm através de fórmula proposta por Cunha e Guerra (1996):

$$\text{Volume (mm}^3\text{)} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Onde: [1 ml = 1.000 mm<sup>3</sup>]; “r” é o raio do coletor e “h” sua altura. Logo, [medição (ml)= 3,1415927. 50<sup>2</sup>. 300. 1000<sup>-1</sup>]. O resultado da equação é [1 ml = 0,1273 mm (ou cerca de 0,13 L . m<sup>-2</sup>)].

Para a frequência de coleta, utilizou-se o mesmo procedimento adotado por Nogueira (2008). A água de chuva foi medida e armazenada após cada evento de precipitação. Um evento começa com o início da precipitação e com seu término por pelo menos 24 horas consecutivas sem chuva<sup>24</sup>. Um evento geralmente contém alguns dias consecutivos de chuva. Foram feitas de 2 a 3 coletas por mês. Autores que adotaram esta frequência amostral são (depois de um evento) Valente *et al.*, 1997; Toba e Ohta, 2005; Wanek *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2009 e (bi semanal) Bryant *et al.* 2005.

A coleta de água na área amostral segue procedimento padronizado. A coleta das amostras inicia-se com a medição na proveta de 500 ml do volume de água do pluviômetro. O passo seguinte é anotar o valor encontrado e armazenar a água nos tubos cônicos de 50 ml<sup>25</sup>. Quando o volume de água do recipiente coletor é superior a 550 ml, armazena-se amostra da segunda medição, mesmo que o volume do pluviômetro seja superior a 1 litro (quando são necessárias 3 medições já que o volume máximo da proveta é 500 ml). Segue-se com a rinsagem da proveta e do pluviômetro com água tratada. Esta água é filtrada por carbono, destilada e deionizada, nesta ordem. Após a coleta, as amostras são congeladas em no máximo 2 horas e permaneceram congeladas até o dia da análise química. As amostras não foram filtradas. Não foi adicionado nenhum

<sup>23</sup> Como a proveta é graduada apenas a cada 5 ml, assume-se nas medições um erro de até 0,51 mm (4 ml) para valores em até 70 mm (500ml); erro de até 1,02 mm para alturas em até 140 mm; 1,53 mm para 210 mm e assim por diante nos pluviômetros. Nas bandejas o erro é de até 0,10 mm a cada 12,6 mm.

<sup>24</sup> Para definir a data das coletas, utilizou-se a previsão do tempo divulgada pelo CPTEC-INPE (<http://www.cptec.inpe.br/>), com o objetivo de evitar chuva durante a coleta. Por este motivo algumas coletas acumularam chuvas de mais de um evento (item 4.2), já que o CPTEC-INPE trabalha com probabilidade de chuva. Geralmente estes eventos aconteceram apenas 1 dia após o evento anterior sendo praticamente uma continuidade.

<sup>25</sup> Até a coleta número 9 (23/02/2010) os recipientes eram garrafas plásticas de 200 ml lavadas com água filtrada por carbono, destilada e deionizada.

tipo de ácido para conservação. Os elementos analisados são  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^+$  e  $\text{Na}^+$ , além do pH e condutividade elétrica.

A partir do dia 12 de fevereiro de 2010, verificou-se um crescimento biológico de coloração verde no fundo interno de alguns coletores situados na tipologia secundária inicial (SI). Após cada coleta, existindo sua presença, este elemento era retirado e os procedimentos de limpeza do coletor realizados normalmente, conforme a descrição anterior. Segundo Manzi (comunicação pessoal), os microorganismos foram depositados por via atmosférica nos pluviômetros, sendo identificados como clorofíceas e cianobactérias filamentosas, em sua maior parte pertencentes à ordem *Oscillatoriales*. Sua recomendação foi de aumentar a frequência amostral, incluindo a limpeza dos pluviômetros, para evitar a proliferação. No entanto, isso não foi possível por razões logísticas e também pelo final próximo da série amostral. Em uma solução alternativa, de acordo com Manzi, o fato da biomassa de algas acumulada nos coletores de chuva ser muito pequena permitiria a obtenção de dados sem alterações representativas para o tipo de trabalho proposto. Ficou decidido não mudar os procedimentos metodológicos adotados, mas incluir estas ressalvas nas análises químicas.

O primeiro conjunto de 100 amostras foi encaminhado para o Laboratório de Caracterização de Águas (LABAGUAS) do departamento de Química da PUC-Rio, em março de 2010. Foram escolhidas para o primeiro conjunto de análises as amostras mais recentes e a primeira realizada. Após este grupo, não foi possível continuar o trabalho de análise com o LABAGUAS.

As amostras passaram a ser analisadas pelo Laboratório de Absorção Atômica, também no departamento de Química da PUC-Rio. O segundo conjunto de 200 amostras foi encaminhado a este laboratório em novembro de 2010. O critério para escolha deste grupo de amostras foi selecionar as amostras de chuva e fluxo de atravessamento dos 4 dias de coletas com maior volume de água e dos 4 dias de coleta com menor volume de água. Também foi incluído o dia de coleta mais recente, realizado no dia 23 de outubro de 2010 (tabela 4.5)<sup>26</sup>.

Para confirmar a validade dos procedimentos de coleta foram realizados testes dentro do laboratório e em uma área aberta adjacente (tabela 4.6). Foram selecionadas 15 amostras mas 6 foram invalidadas posteriormente. Durante um período de 6 dias e outro de 3 semanas, a água filtrada por carbono, destilada e

---

<sup>26</sup> Foram armazenadas amostras em todas as coletas. Este material será posteriormente analisado em um trabalho futuro.

deionizada foi armazenada em coletores de PVC idênticos aos instalados no Caçambe e em garrafas plásticas PET. Parte destes recipientes foi instalado vazio na área aberta adjacente ao laboratório, funcionando como coletores. Apesar de um número amostral pequeno, os resultados deste teste foram considerados satisfatórios já que em apenas 2 casos verificou-se valor alto para o cálcio, sendo que um deles em área fora do laboratório.

Tabela 4.5. Coletas analisadas em laboratório para os cátions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Ca}^{+2}$ , relacionados com a estação do ano e critério de escolha volumétrico dentre o total de coletas realizadas no Caçambe.

Data da coleta analisada	Estação do ano	Data da coleta	Critério de escolha
14/11/2009*	Primavera	14/11/2009	Primeira
	Primavera	25/11/2009	
12/12/2009	Primavera	12/12/2009	maior
	Inverno	22/12/2009	
05/01/2010	Inverno	05/01/2010	maior
	Inverno	16/01/2010	
27/01/2010*	Inverno	27/01/2010	
12/02/2010*	Inverno	12/02/2010	menor
23/02/2010*	Inverno	23/02/2010	
09/03/2010	Inverno	09/03/2010	maior
	Outono	20/03/2010	
	Outono	01/04/2010	
10/04/2010	Outono	10/04/2010	maior
	Outono	01/05/2010	
	Outono	15/05/2010	
	Outono	07/06/2010	
16/06/2010	Verão	16/06/2010	menor
	Verão	03/07/2010	
	Verão	21/07/2010	
26/07/2010	Verão	26/07/2010	menor
	Verão	11/08/2010	
18/08/2010	Verão	18/08/2010	menor
	Verão	11/09/2010	
	Verão	22/09/2010	
	Primavera	12/10/2010	
23/10/2010	Primavera	23/10/2010	mais recente
	Primavera	04/11/2010	

\* A maior parte das análises de laboratório foram realizadas pelo Laboratório de Absorção Atômica, PUC-RJ. As quatro datas marcadas foram analisadas pelo Laboratório de Caracterização de Águas –LABAGUAS, PUC-RJ.

Tabela 4.6. Validação do procedimento metodológico de captação de água de chuva utilizando coletores PVC e PET em área abrigada (laboratório) e desabrigada.

Período	Teste branco	Na mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Ca mg/L
06/07-12/07	teste LAB PVC com <i>Oscillatoriales</i>	0	0	0,018	1,4
06/07-12/07	teste LAB PVC	0	0	0,065	9,9
12/07-03/08	teste chuva PVC com <i>Oscillatoriales</i>	1,6	0,43	0,36	5,5
12/07-03/08	teste LAB PET	0	0	0,018	0,10
12/07-03/08	teste LAB PVC com silicone	0,12	1,1	0,25	3,1
12/07-03/08	teste chuva PVC	2,2	3,7	0,82	12
12/07-03/08	teste chuva PET	1,7	0,38	0,35	3,6
12/07-03/08	teste lab PVC com verde	0	0	0,030	0,8
12/07/2010	água tratada	0	0	0,011	0,09

#### 4.2.4

#### **Análise dos dados de precipitação e fluxo de atravessamento**

Os procedimentos para interpretação dos resultados são baseados na literatura. Arcova *et al.* (2003), Thomaz (2005), Oliveira Jr. e Dias (2005), Scheer (2008) e Pereira *et al.* (2009) são alguns dos autores que utilizaram totais e percentual de precipitação e atravessamento observados por coleta em suas análises.

A utilização de dados pluviométricos a partir de registros feitos em escala temporal pequena (1 hora é o mais utilizado) é essencial para análises mais detalhadas a respeito dos fluxos hidrológicos sobre e sob as copas. O procedimento ideal, indicado por grande parte da literatura, se utiliza de pluviógrafos ou estações meteorológicas dentro do sítio amostral. No entanto, para áreas pouco monitoradas e com limitações logísticas ou financeiras, podem-se empregar os valores de uma estação meteorológica próxima, já tendo sido testadas com sucesso distâncias entre 300 m e 900 m (KLASSEN *et al.*, 1996; DYKES, 1995; BRYANT *et al.*, 2005, THOMAZ, 2005). Existindo outras estações próximas, aplica-se o inverso da distância ou média ponderada entre os valores (DUNNE e LEOPOLD, 1978; CUARTAS *et al.*, 2007)

Os resultados de Togashi (2009) para Rio Centro, Grota Funda, Itaúna, Cidade de Deus e Tanque, estações distantes em raio de até 20 km, mostraram relação de pelo menos 80%, a partir do coeficiente de Pearson, chegando a 93% para Rio Centro e Cidade de Deus, distantes 6 km entre si. Os padrões de comportamento das 5 estações foram bastante similares, sendo a altura pluviométrica a maior diferença, devida provavelmente ao efeito do relevo na proximidade com o maciço da Pedra Branca. Constatação semelhante foi feita por Dereczynski *et al.* (2009) na mesma área. O coeficiente  $R^2$  é utilizado nas análises deste trabalho para verificar correlações estatisticamente significantes.

A estação Rio Centro (ao nível do mar) e o sítio amostral do Caçambe (180 m acima do nível do mar) são separados por cerca de 1,8 km de distância em linha reta ao nível do mar. Considerando o exposto, será verificado o grau de relação entre os dados da estação Rio Centro e da observação no Caçambe, definindo os limites do emprego dos valores da primeira na segunda.

As análises estão organizadas na figura 4.5. O tratamento dos dados será dividido em quatro itens: 1) Precipitação em aberto e fluxo de atravessamento observados (mm); 2) Comportamento da precipitação incidente no Caçambe em relação ao Rio Centro; 3) Intensidade da precipitação no período amostral para o

Caçambe, segundo dados do Rio Centro; e 4) Fluxo de atravessamento percentual no Caçambe. Após a avaliação destes quatro itens, os resultados do Caçambe foram ampliados para áreas adjacentes da bacia do rio Camorim, observado a relação encosta-planície com a planície de Jacarepaguá.

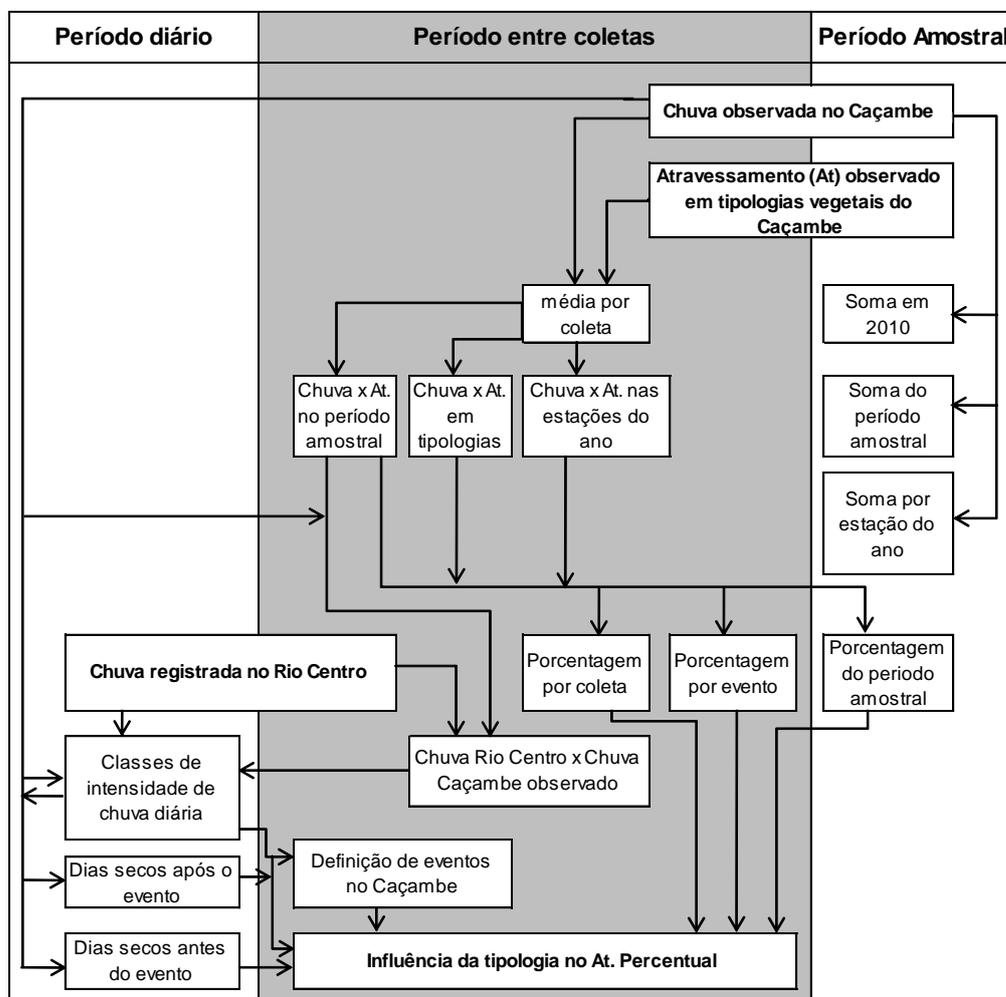


Figura 4.5. Fluxograma metodológico das principais análises entre chuva e fluxo de atravessamento utilizados neste trabalho (mm).

### 4.3

## Nutrientes nas amostras de precipitação e fluxo de atravessamento na sub-bacia do rio Caçambe

### 4.3.1

#### Análises realizadas pelo Laboratório de Caracterização de Águas (LABAGUAS).

A determinação dos cátions foi feita por Cromatografia de Íons ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,

Mg<sup>+2</sup> e Ca<sup>+2</sup>) com detecção condutimétrica em equipamento Dionex, modelo DX-120, com supressora eletrolítica ASRS-300, 4 mm, e coluna analítica IonPac CS12A, 4mm. O eluente usado foi ácido sulfúrico 10 mmol.L<sup>-1</sup>.

As amostras de água de chuva foram centrifugadas antes da injeção no Cromatógrafo de Íons. No momento da injeção no Cromatógrafo, aquelas que apresentavam alguma turbidez ou algum precipitado foram filtradas em filtro com 0,45 µm de diâmetro de poro.

As curvas de calibração dos cátions foram preparadas a partir de padrões individuais de sódio, potássio, cálcio e magnésio, da Merck, todos com concentração 1000 mg.L<sup>-1</sup>. A curva de calibração baixa é de 10 µg.L<sup>-1</sup> a 1000 µg.L<sup>-1</sup> e a curva alta de 1000 µg.L<sup>-1</sup> a 10 mg.L<sup>-1</sup>. Foram preparadas 2 soluções de “validate” a partir de padrões individuais de sódio, potássio, cálcio e magnésio, da Merck, todos com concentração 1000 mg.L<sup>-1</sup>. A concentração menor serve para avaliar a curva baixa e a maior serve para avaliar a curva alta (Solução padrão com concentração 600 µg.L<sup>-1</sup> e solução padrão com concentração 6 mg.L<sup>-1</sup>).

#### 4.3.2

##### **Análises realizadas pelo Laboratório de Absorção Atômica**

A determinação dos cátions Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup> e Ca<sup>+2</sup> foi feita por espectrometria com plasma acoplado indutivamente (ICP) no equipamento Optima 4300 DV, Perkin Elmer. Os procedimentos de centrifugação e filtragem foram os mesmos dos aplicados pelo LABAGUAS.

A significação dos resultados foi obtida a partir de 3 leituras e desvio padrão relativo (RSD) médio ≤ 5. As linhas analíticas e desempenho instrumental foram: Na<sup>+</sup> 589,592 nm (Limite de detecção LOD = 0,10 mg/L, vista radial); K<sup>+</sup> 766,490 nm (LOD = 0,30 mg/L, vista radial), Mg<sup>+2</sup> 285,213 nm (LOD = 0,01 mg/L, vista radial) e Ca<sup>+2</sup> 315,887 nm (LOD = 0,050 mg/L, vista radial).

#### 4.3.3

##### **Análise dos dados de concentração e fluxos dos cátions**

A análise dos dados de concentração e fluxos dos cátions, assim como a análise do volume na chuva e no fluxo de atravessamento, é baseada na literatura. Forti *et al.* (2005), Protill (2006), Germer *et al.* (2007) e Scheer (2008)

são autores que utilizaram comparações entre precipitação e fluxo de atravessamento usando os fluxos de elementos e suas concentrações.

Para encontrar os fluxos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de um elemento, multiplica-se sua concentração ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) pelo volume de precipitação (mm) (HEARTSILL-SCALLEY *et al.*, 2007). Se 1 mm é igual a  $1 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$ , ( $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \times 1 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2} = 1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Para ajustar a unidade basta converter mg para kg multiplicando o valor encontrado por  $10^{-6}$  e converter  $\text{m}^2$  para hectare dividindo por  $10^4$ . A equação final fica da seguinte forma:

$$\text{Fluxo}_x = \text{mg}\cdot\text{L}^{-1} \times \text{L}\cdot\text{m}^{-2} \times 10^{-2} = \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$$

Segundo Parker (1983), Eaton *et al.* (1973) e Carlisle *et al.* (1966b), o termo “fluxo de atravessamento líquido”(AtL), ou “água florestal líquida” quando se inclui o fluxo de tronco (*Net throughfall, net stemflow, net Forest water*), indica o balanço de nutrientes do sistema através dos principais processos envolvidos na ciclagem de nutrientes pelo fluxo de atravessamento: lixiviação, lavagem e precipitação. Para obtê-lo, o valor dos nutrientes lixiviados mais a lavagem vegetal são diminuídos da precipitação incidente (lixiviação + lavagem – precipitação), ou simplesmente subtraindo os elementos da precipitação externa dos da precipitação interna ou fluxo de atravessamento ( $P_i - P$ ) (POTTER *et al.*, 1991; ABOAL *et al.*, 2002).

Outro termo útil relativo ao enriquecimento é a “taxa de concentração” (concentration ratio – CR) ou taxa de concentração líquida (NCR) para o fluxo de atravessamento líquido (PARKER, 1983). A taxa de concentração se refere à razão da concentração iônica ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) do fluxo de atravessamento sobre a da precipitação ( $\text{CR} = \text{At}\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1} / \text{P}\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). A razão dos fluxos de nutrientes do fluxo de atravessamento sobre os fluxos da precipitação se chama “taxa de enriquecimento” (ER) (HERRMANN *et al.*, 2006; HEARTSILL-SCALLEY *et al.*, 2007).

Através destas ferramentas, a avaliação química da precipitação e do fluxo de atravessamento caminhou no sentido de aumentar a compreensão dos processos envolvidos na ciclagem de nutrientes da interface atmosfera-vegetação no Caçambe, visto os escassos estudos na área. A investigação procurou caracterizar este sistema através da confirmação ou refutação de observações retiradas da literatura nacional e internacional neste tema. A estrutura da análise da ciclagem de nutrientes está esquematizada na figura 4.6 e foi montada com o apoio das seguintes afirmações norteadoras: 1) Ocorre

enriquecimento da água da chuva ao passar pelo dossel florestal. 2) Há uma correlação positiva entre o avanço do estágio de sucessão e o enriquecimento do fluxo de atravessamento. 3) Áreas próximas do oceano apresentam menos  $Mg^{+2}$  e  $Ca^{+2}$  e mais  $Na^{+}$  e  $K^{+}$ . 4) Existe correlação entre a concentração de íons e os eventos precedidos de longos períodos de estiagem. 5) A altura pluviométrica se correlaciona inversamente com a concentração iônica da precipitação incidente e do fluxo de atravessamento. 6) A altura pluviométrica se correlaciona positivamente com os fluxos iônicos da precipitação incidente e do fluxo de atravessamento.

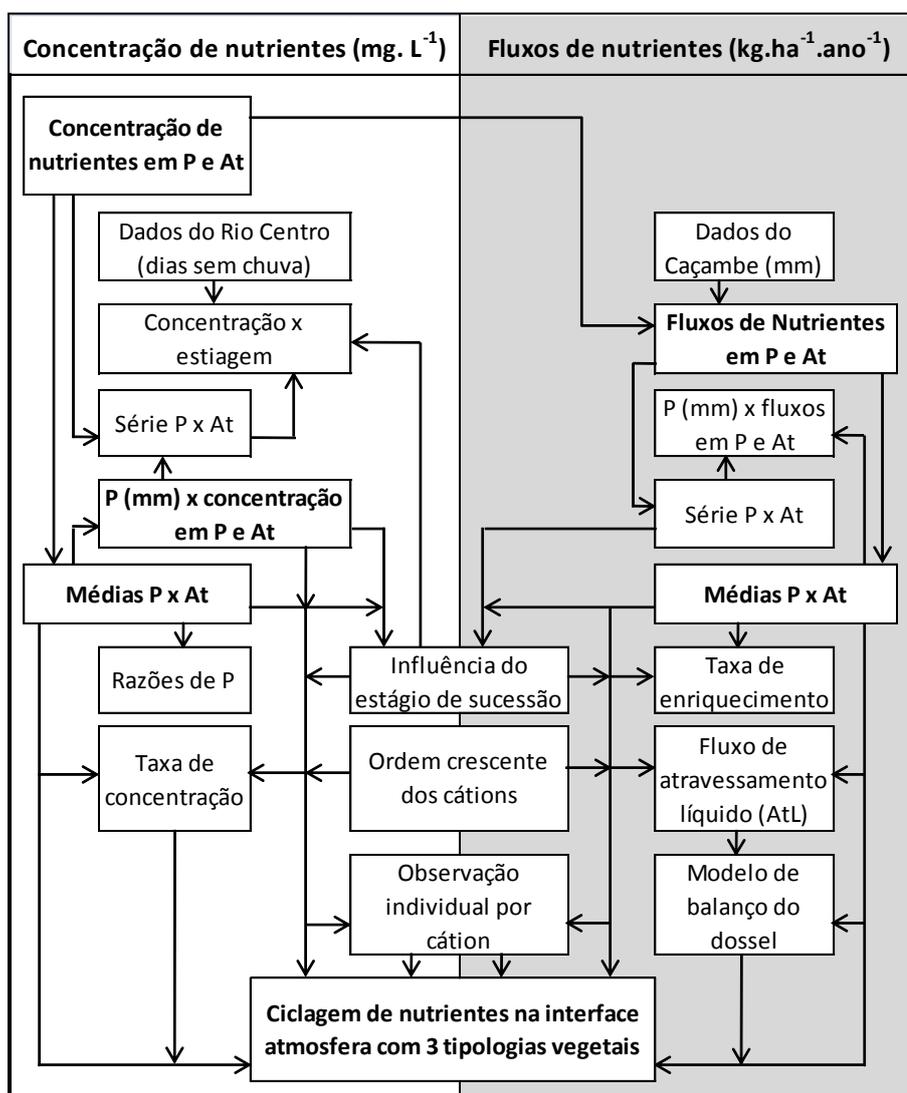


Figura 4.6. Fluxograma metodológico das principais análises da ciclagem de nutrientes entre chuva e fluxo de atravessamento utilizados neste trabalho (mm).

## 4.4 Análises estatísticas

A literatura de estudos em precipitação (P) e fluxo de atravessamento (At) reporta diversos tipos de análise estatística empregados para confirmar correlações (tabela 4.7). As correlações mais buscadas são, sem ordem hierárquica definida: 1) volume de P – volume de At, 2) concentração iônica de P – concentração iônica de At, 3) fluxo iônico de P – fluxo iônico de At, 4) fluxo iônico e volume de chuva, e 5) correlações entre áreas distintas. A existência de correlação nos três primeiros casos demonstra forte influência da precipitação determinando o fluxo de atravessamento. No quarto caso, pode demonstrar alta correlação entre a precipitação e fluxo de atravessamento em áreas distintas, com grande chance de serem determinados pelos mesmos fatores.

Tabela 4.7. Análises estatísticas empregadas por alguns autores em estudos de precipitação e interceptação vegetal.

Análise	Aboal et al. (2002)	Andrade et al. (1995)	Arcova et al. (2003)	Balheiro et al. (2007)	Barboza et al. (2004a, 2004b)	Brasell and Sinclair (1985)	De Schrijver et al. (2004)	Dezzeo e Chacon (2006)	Eaton et al. (1973)	Edwards (1982)	Gordon et al. (2000)	Heartsill-Scalley et al. (2007)	Henderson et al. (1977)	Herrmann et al. (2006)	Lovett et al. (2000)	Moura et al. (2009)	Oliveira Jr. E Dias (2005)	Perez-Marin e Menezes (2008)	Piirainen et al. (2002)	Potter et al. (1991)	Prottil (2006)	Raat et al. (2002)	Rodrigo et al. (2003)	Scheer (2009)	Staelens et al. (2003)	Tobón et al. (2004)	Total	
Pearson		x		x	x														x	x			x				x	7
T											x	x													x	x	x	6
R <sup>2</sup>	x		x													x	x							x				5
Spearman														x						x				x				4
GLM					x							x			x													3
Tukey				x															x			x						3
Anova						x	x					x																3
Mann–Whitney								x				x		x														3
Kruskall–Wallis								x						x														2
Duncan									x				x															2

Para as análises relativas a altura pluviométrica, escolheu-se como principal fonte de comparação a correlação de Pearson ao quadrado (R<sup>2</sup>) que utiliza a regressão linear. Neste teste, duas matrizes são independentes, seus itens são selecionados aleatoriamente e as observações são freqüências ou contagens. O índice de confiança ideal considerado é de 95% (R<sup>2</sup>>0,95). O coeficiente de Pearson r mede o grau de correlação entre duas variáveis intervaladas, inclusive se negativa ou positiva. Na prática para este trabalho,

seus valores são próximos de  $R^2$ . O teste GLM (General Linear Model) é uma alternativa multivariada ao  $R^2$ .

O teste de Spearman por sua vez, é não paramétrico, relacionando duas matrizes segundo suas ordens e não considera intensidade de valores, como por exemplo, valores ordinais. Spearman geralmente é utilizado com uma alternativa a Pearson quando as populações ou matrizes não são normais, como no caso de uma relação crescente ou decrescente em forma de curva. Desta forma, a aplicação deste teste mostra-se particularmente útil nas comparações realizadas entre os cátions visto que sua distribuição não é normal e a amplitude de seus valores pode variar bastante. Para Spearman, o p-value com 95% de confiança deve ser superior a 0,5. Valores negativos representam correlação inversa.

O teste de student T, um dos mais utilizados em estudos de precipitação e interceptação vegetal, mostra para este trabalho algumas limitações. O objetivo do teste T é comparar a média destas matrizes (amostra n) para saber se existem entre elas diferenças estatisticamente significativas. O teste T é paramétrico e utilizado em séries amostrais de distribuição normal, conforme se considerou a distribuição pluviométrica da estação Rio Centro (SUCHMACKER e GELLER, 2005). No entanto, por vezes no teste T, os intervalos encontrados nas matrizes pluviométricas são grandes, considerando a série relativamente pequena, e a amplitude do intervalo faz com que tal índice não seja de grande utilidade, já que o valor entre as alturas pluviométricas é muito variável (DOWNING & CLARK, 2000). O mesmo vale para os testes que serão explicados a seguir e utilizam lógica similar ao teste T.

O teste de Duncan é uma alternativa menos rigorosa ao teste T. O teste não paramétrico, Mann-Whitney U, ou Wilcoxon, é utilizado da mesma forma que o teste T, mas assume-se que os intervalos das matrizes não são constantes. Aplica-se o teste Kruskal-Wallis no lugar do U quando existem 3 ou mais populações a serem comparadas.

O teste ANOVA realiza uma análise de variância simples, que também investiga a média das matrizes. Geralmente usado para determinar se a média de duas matrizes vem da mesma população ou, no caso deste trabalho, série. O teste de Tukey é utilizado para comparar todos os pares de médias de múltiplas populações, adotando-se um único nível de significância. O teste de Tukey geralmente é utilizado em conjunto com o ANOVA e é bastante similar ao teste T, sendo a principal diferença a sua aplicação mais adequada para comparações múltiplas.

Foram utilizados os softwares Excel e SPSS Statistics 17.0. Os testes ANOVA, Tukey, Duncan e U que poderiam se aplicar neste estudo não apontaram correlação estatisticamente significativa entre precipitação no Rio Centro, precipitação no Caçambe, fluxo de atravessamento, fluxos e concentração de íons. Estes resultados confirmam a afirmação de Downing e Clark (2000) de sua aplicação limitada em séries pequenas com amplitudes de intervalo elevadas. Além dos resultados de  $R^2$  e spearman, pelo amplo emprego do teste T, seus resultados serão apresentados quando pertinente, tendo sempre em vista suas limitações. Utilizou-se a opção emparelhada já que o par de matrizes a serem comparados varia no tempo com a mesma frequência. Para uma confiança de 95%, o p-valor deve estar acima de 0,050.

## 4.5

### Teste experimental em monitoramento da precipitação terminal

A serrapilheira desempenha no equilíbrio hidrológico, funções de proteção física ao solo, regulação de temperatura, distribuição gradual de águas ao horizonte mineral e retorno à atmosfera por transpiração, além de ser parte essencial da ciclagem de nutrientes de um ambiente florestal<sup>27</sup> (DUNNE e LEOPOLD, 1978; COELHO NETTO, 1979; MONTEZUMA *et al.*, 2005). A ciclagem de nutrientes através da decomposição e produção da serrapilheira é responsável pela integridade dos ecossistemas florestais envolvendo fluxo de energia e matéria e a dinâmica das populações. As características da serrapilheira são controladas por fatores como precipitação, insolação, evapotranspiração, altitude, temperatura, latitude, e características da vegetação como composição, estrutura e idade. A hierarquia de importância na definição da natureza da serrapilheira segue a ordem escalar: macroclima > microclima > qualidade dos recursos > organismos decompositores (MONTEZUMA, 2005).

---

<sup>27</sup> A serrapilheira pode ser dividida basicamente em dois horizontes. A camada O1 (também chamada de L)<sup>27</sup>, geralmente a mais superficial é composta de elementos grosseiros como folhas, galhos, sementes e material reprodutivo. Na camada O2 (pode ser dividida por F e H) os materiais são de difícil distinção por apresentarem-se em estágio mais avançado de decomposição. Esta segunda e mais inferior camada, em regra geral, retém e intercepta mais água por ser mais fragmentada e compacta, possuindo assim maior superfície de contato (COELHO NETTO, 1987; GARAY e SILVA, 1995; MONTEZUMA, 2005).

Autores como Helvey (1964), Walsh e Voigt (1977), Gerrits *et al.* (2007) e Guevara-Escobar (2007) afirmam que os estudos contemplando a interceptação do piso florestal ( $I_p$ ) não são frequentes apesar do fato de sua interceptação poder ser tão alta quanto a interceptação pelo dossel ( $I$ ). Enquanto a precipitação interna ( $P_i$ ) dispõe de vasta literatura, a precipitação terminal ( $P_t$ ) é muitas vezes desconsiderada, apesar do seu papel de destaque no equilíbrio hidrológico<sup>28</sup>. Em geral, a serrapilheira constitui a maior parte do piso florestal. Entretanto, em algumas áreas, o solo seco e a vegetação rasteira são importantes componentes do piso florestal podendo até mesmo superar a presença da serrapilheira<sup>29</sup>.

A escassa literatura (PUTUHENA e CORDERY, 1996; SCHAAP *et al.*, 1997; TOBON-MARIN *et al.*, 2000; SATO *et al.*, 2004;) destaca a imensa dificuldade em investigar a precipitação terminal, principalmente em relação à vegetação rasteira constituída prioritariamente de gramíneas. O monitoramento direto consiste em coletar a precipitação terminal entre o piso florestal e o topo do solo. No caso das gramíneas, esta interface não se apresenta facilmente verificável, pois as raízes tornam o piso florestal inseparável da superfície do solo. Dunne e Leopold (1978) afirmam que as gramíneas em seu tamanho máximo podem interceptar de 10% a 20% das chuvas, ou seja, o mesmo valor que algumas árvores. Segundo Coelho Netto (2005), quanto à retenção de água, as gramíneas podem suportar até 500% do seu peso seco. No entanto, a convergência das folhas em direção a um núcleo comum de enraizamento produz fluxo de caule, que em conjugação com as raízes das gramíneas implicará em grandes variações espaciais da precipitação que alcança o solo, podendo criar desequilíbrio hídrico em situações de grande aporte de água.

Os coletores para monitoramento direto da interceptação do piso florestal ( $I_p$ ) utilizados por Tobon-Marin *et al.* (2000) e Leite (1997) consistem respectivamente em pratos e bandejas inseridos entre o piso florestal e o topo do solo. Canos condutores conectados às superfícies coletoras conduzem a água a um recipiente, acumulando a água interceptada. Já os coletores usados por Renó (2008) e Gerrits *et al.* (2007) foram parcialmente enterrados no solo. O primeiro utilizou uma bandeja com brita nivelada à superfície do solo. O segundo utilizou um pluviógrafo que coletava a precipitação sobre uma caixa disposta ao

---

<sup>28</sup> O anexo 5 contém resultados apontados pela literatura para o monitoramento de precipitação terminal.

<sup>29</sup> O foco deste teste foi a interceptação por serrapilheira ( $I_s$ ), escolhida pelas potencialidades de campo no Caçambe.

nível do topo do solo. Neste caso, as bordas eram proeminentes para evitar a captação do escoamento superficial, no entanto, impedindo o contato da serrapilheira no interior da caixa com a do seu exterior. Schaap *et al.* (1997) instalaram sensores automáticos abaixo do solo em várias profundidades, a partir de 5 cm adentro, parâmetro que foi considerado a interface entre solo e piso florestal.

Uma falha inerente aos experimentos<sup>30</sup> dos quatro primeiros autores é que a taxa de decomposição da serrapilheira pode ser alterada pelo coletor através do isolamento do piso florestal com o solo. Além disso, a colocação de um coletor na interface piso florestal-solo altera o padrão normal de drenagem, podendo o coletor acumular água antes da tensão por poropressão negativa da superfície do solo prevalecer (Helvey, 1964; Guevara-Escobar, 2007). A capacidade de retenção do piso florestal não pode ser verificada em separado da interceptação, sendo necessária a coleta de serrapilheira<sup>31</sup>. No caso de Schaap *et al.* (1997), o fator limitante é o alto custo do equipamento.

Critérios para determinar número de coletores de precipitação terminal (Pt) em relação à representatividade espacial foram pouco explorados na literatura. Tobon-Marin *et al.* (2000) descreveu apenas que o número de coletores utilizado foi escolhido em função da espessura da serrapilheira e Renó (2008) os instalou a 2 m dos pluviômetros de fluxo de atravessamento (At). Putuhena e Cordery (1996) e Guevara-Escobar (2007) afirmam que os mecanismos hidráulicos envolvendo a interceptação pelo piso florestal ( $I_p$ ) são os mesmos que na interceptação pelas copas. Portanto, para as bandejas coletoras de precipitação terminal pode-se adotar critério semelhante ao dos pluviômetros interceptadores de fluxo de atravessamento: distância média entre si de 5 m a 15 m. Lógica que se aplica também à frequência amostral.

A observação em laboratório foi aplicada por Helvey (1964), Swank *et al.* (1972), Vallejo (1982), Putuhena e Cordery (1996, 2000), Sato *et al.* (2004) e Guevara-Escobar (2007). A intensidade da precipitação incidente ou interna ( $P_i$ ), a retenção máxima de água pela serrapilheira e a sua taxa de drenagem são os parâmetros básicos que influenciam a quantidade de interceptação pela serrapilheira. Mais recentemente, Putuhena e Cordery (1996, 2000), sendo seguido por Sato *et al.* (2004) e Guevara-Escobar (2007), introduziram a

---

<sup>30</sup> Falha também considerada neste trabalho por ser o procedimento metodológico adotado.

<sup>31</sup> Os valores de retenção da serrapilheira utilizados encontram-se em trabalhos anteriores no Caçambe (ABREU, 2006; SANTOS, 2009, SOUSA *et al.*, 2009).

componente  $C_{\min}$ , sendo esta a água removida apenas por evaporação. A retenção máxima de água tornou-se  $C_{\max}$ , sendo o estoque transitório que pode vir a ser drenado posteriormente (levando em média de 6 a 30 minutos). Após a medição destes parâmetros, equações empíricas são aplicadas para estimar a interceptação.

Os pontos fracos da estimativa em laboratório são a impossibilidade de reprodução da heterogeneidade da chuva e do fluxo de atravessamento, além da alteração da composição da disposição lateral e vertical (camadas) da serrapilheira. A drenagem completa da serrapilheira observada em laboratório (SATO *et al.*, 2004; GUEVARA-ESCOBAR, 2007) pode nunca vir a acontecer em condições de alta umidade na floresta. Outro ponto positivo é a possibilidade de observação do movimento lateral da água na serrapilheira. Torna-se possível ainda dividir as componentes da drenagem, checar os comportamentos das camadas L, F e H, e das frações folhas vs. galhos. Assim como na observação direta, diferenças no padrão normal de drenagem pelo isolamento solo-piso florestal também se verificam, mas podem ser estimadas a partir de parâmetros componentes da drenagem (SCHAAP *et al.*, 1997), como  $C_{\max}$ ,  $C_{\min}$  e outros.

Neste trabalho, para medir a precipitação terminal, entre o piso florestal e o solo, adotou-se coletores em forma de bandeja, adaptados a partir das descrições de Leite (1997), Tobon-Marin *et al.* (2000), Gerrits *et al.* (2007) e Renó (2008). As dimensões da bandeja são 180 mm (profundidade) x 220 mm (abertura) x 60 mm (altura). Cada bandeja está conectada através de um tubo de filtro de água a garrafas coletoras (figura 4.7).



Figura 4.7. Fotos da bandeja coletora de precipitação terminal (Pt) e sua instalação.

Optou-se por bandejas parcialmente abertas pela possibilidade de encaixe entre o piso florestal e o solo, preservando os horizontes originais da serrapilheira. Devido à presença de matacões, um fator limitante, o posicionamento foi feito segundo as possibilidades do sítio. A área de vegetação secundária inicial não recebeu bandejas pela impossibilidade de instalação, visto que não há delimitação clara entre as áreas de enraizamento das raízes e o solo. Na tipologia SA, 6 bandejas foram dispostas próximas a pluviômetros e alinhadas em posição altimétrica similar na encosta. A área de Borda recebeu 6 bandejas que foram divididas em dois grupos de 3 bandejas alinhadas entre si e em alturas semelhantes de encosta (figura 4.8).

A instalação das bandejas ocorreu no dia 12 de março de 2010, mesma data inicial dos pluviômetros controle para precipitação incidente. As coletas da precipitação terminal foram realizadas com frequência temporal idêntica às coletas de precipitação incidente e fluxo de atravessamento. O monitoramento foi abandonado no dia 16 de junho de 2010, data em que foi realizada a última coleta da precipitação terminal.

Dois fatores foram responsáveis pelo abandono do experimento: 1) Os maiores recipientes para armazenar a precipitação terminal, com volume total de 5 litros, mostraram-se muitas vezes insuficientes, com extravasamento do excedente de água. A instalação de recipientes maiores mostrou-se inviável por não adaptar-se à realidade da área amostral de grande quantidade de matacões. 2) Em junho já era possível verificar visualmente que a inserção de bandejas no horizonte entre a superfície do solo e da serrapilheira interferiu no estoque pontual de serrapilheira. O volume de serrapilheira acumulada que cobria as bandejas era visivelmente maior do que seu entorno imediato.

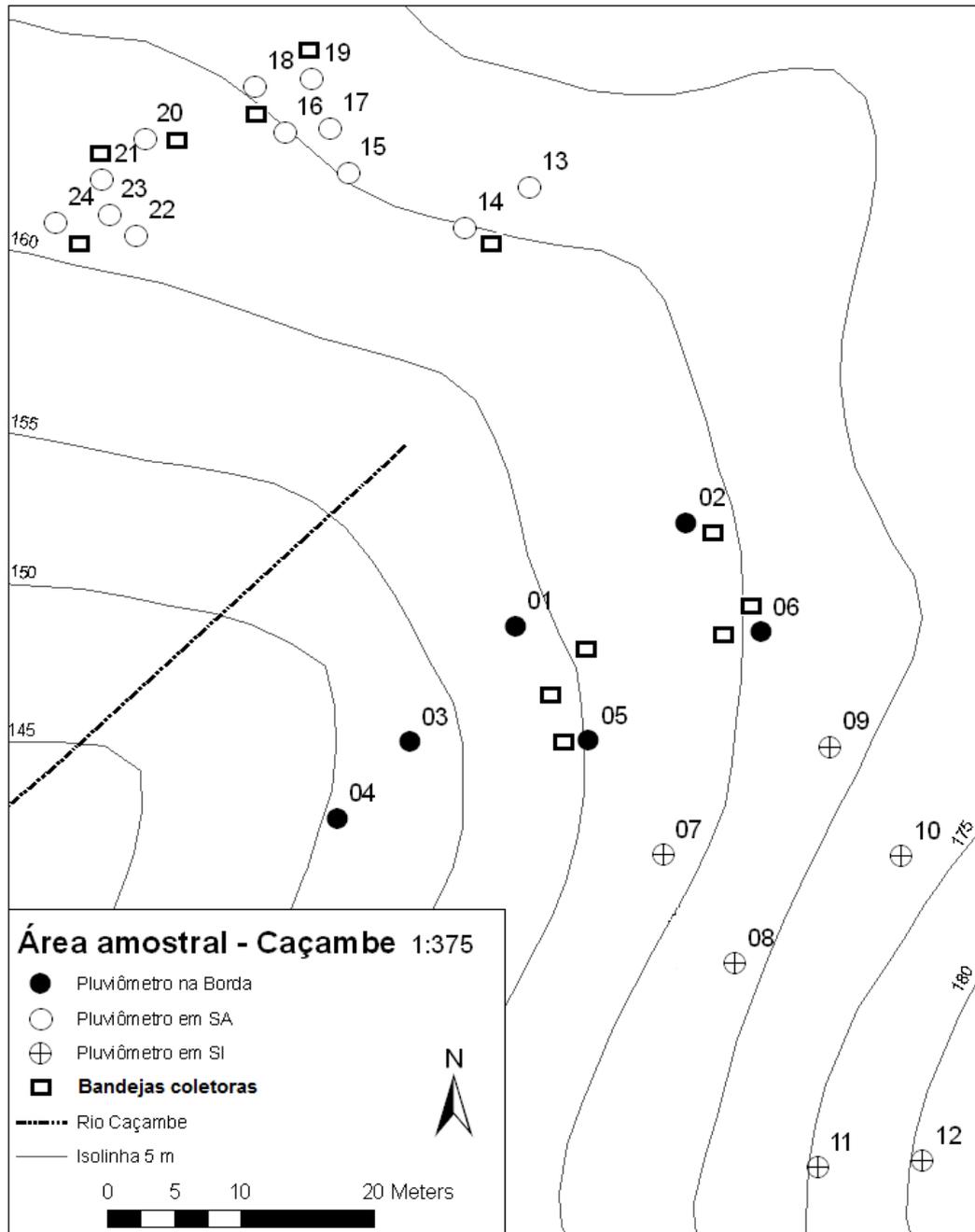


Figura 4.8. Croqui das bandejas e dos pluviômetros na área amostral da sub-bacia do Caçambe.