

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES MINERAIS NA ÁGUA DE CHUVA NA REGIÃO DA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Albano Backes¹

ABSTRACT

Pluviometric precipitation and nutrient concentration in rain water in the region of the São Francisco de Paula National Forest, Rio Grande do Sul, Brazil. The present research was conducted at the São Francisco de Paula National Forest, located in the municipality of São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brazil. The total precipitation and the rain intercepted by the vegetation as well as the concentration of mineral nutrients in the external rain and in the throughfall in the interior of the forest were evaluated. Rain water was collected with the aid of 20 pluviometers, of which were installed two in open areas close to the forest and the others within the forest. The collected rain water was measured monthly and a sample of one liter of each outside and inside the forest was frozen for storage. The month collection samples were separated according to the seasons of the year and prepared for chemical analysis. The average precipitation, during the two years of collection, was 2.065,00 mm per year, on average, and it contains 7,01 mg/l of mineral nutrients, corresponding to 146,90 kg/ha/year of the rain that falls over the forest. Within the forest the average rainfall was 1.821,20 mm/year, 12% less than the total precipitation. The concentration of mineral nutrients in the throughfall was of 13,27 mg/l, corresponding to 241,53 kg/ha/year, with an increment of 96,88 kg/ha/year in relation to the external rain. The pH of the total water precipitation varied between 4,83 and 6,40 while the pH of the internal precipitation varied between 5,20 and 6,50. The conductivity of the total precipitations was 19,88 μ S/cm and the internal precipitation was 49,60 μ S/cm.

Key words: Rainfall, Araucaria forest, mineral nutrients

RESUMO

A presente pesquisa foi desenvolvida na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, localizada no município de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. Teve por objetivo avaliar a precipitação pluviométrica total e a interceptada pela vegetação e a concentração de nutrientes minerais na chuva externa e na água de gotejamento do interior da floresta. A coleta de água de chuva foi feita com o auxílio de 20 pluviômetros, instalados, dois, em áreas abertas próximas à floresta e os demais no interior da mesma. A água dos

¹ Rua Anita Garibaldi, 1091, 901, 90450-001-Porto Alegre, RS. Brasil. E-mail: albanors@yahoo.com.br

recipientes foi recolhida e medida mensalmente. Um litro de cada recipiente foi guardado congelado e as amostras de cada três meses, segundo as estações do ano, foram descongeladas e misturadas formando uma única amostra da precipitação total e uma da precipitação interna por cada uma das áreas florestais. Estas amostras serviram de base para as análises químicas. A precipitação total, durante os dois anos de coleta, foi de 2.065,05 mm por ano, em média, e contém 7,01 mg/l de nutrientes minerais, correspondendo a 146,90 kg/ha/ano na chuva que cai sobre a floresta. No interior da floresta choveu 1.821,95 mm/ano, em média, isto é, 12% menos em relação à precipitação total. A concentração de nutrientes minerais na água de gotejamento foi de 13,27 mg/l, correspondendo a 241,53 kg/ha/ano, com um acréscimo de 96,88 kg/ha/ano em relação à chuva externa. O pH da água da precipitação total variou entre 4,83 e 6,40 e o da precipitação interna variou entre 5,20 e 6,50. A condutividade da água da precipitação total foi de 19,88 $\mu\text{S/cm}$ e a da precipitação interna de 49,60 $\mu\text{S/cm}$.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, Floresta Ombrófila Mista, nutrientes minerais

Introdução

Os principais reservatórios abióticos de nutrientes minerais acessíveis às plantas são o solo, a água superficial e a atmosfera. Segundo Meurer (2000), os solos são corpos naturais estruturados e constituem os ambientes nos quais um significativo número de espécies terrícolas desenvolve-se em função da reserva de água e de nutrientes minerais. As águas superficiais, particularmente de rios e lagos, constituem um rico reservatório onde um grande número de macrófitas aquáticas encontra os recursos minerais indispensáveis para seus processos de síntese. A atmosfera constitui, indiscutivelmente um importante caminho para a ciclagem de nutrientes minerais utilizados pelas plantas. São encontrados em partículas de cinza, de poeira, de aerossóis, etc. Permanecem em suspensão no ar, ou são depositados sobre as partes aéreas das plantas ou são arrastados pela chuva. Os primeiros processos constituem a deposição seca e o último, a deposição úmida. É grande o número de estudos que procuraram determinar as fontes dos elementos atmosféricos assim como a importância das fontes naturais e fontes antropogênicas (Friedlander, 1973; Gatz, 1975; Duce *et al.*, 1975; Waldchuk, 1988; Britez, 1994; Varjabedian, 1994; Silva Filho, 1997) entre muitos outros.

A chuva, a neblina e o orvalho constituem os principais agentes da deposição úmida. Segundo Carlisle *et al.* (1966), Allen *et al.* (1968) e Tukey (1970), os nutrientes minerais contidos na água da chuva constituem importante fonte nos processos de ciclagem no interior dos ecossistemas tanto dos macro quanto dos oligoelementos e por isso, segundo Blum (1978), Jordan *et al.* (1980) e Edwards (1982), a chuva pode ser considerada como uma significativa entrada de nutrientes minerais para os ecossistemas, pois, além de carrear elementos

diretamente da atmosfera, atua também como principal agente de lixiviação dos nutrientes depositados sobre as copas das árvores (Brown *et al.*, 1989).

A composição da água de chuva varia muito de uma região para outra e, segundo Eaton *et al.* (1973), está relacionada com os locais de origem das massas de ar e a gênese da chuva. A interceptação pelo dossel varia em função da heterogeneidade da estrutura florestal, da diversidade das espécies arbóreas, do tamanho e forma das copas e pela forma e intensidade da chuva.

A chuva não atua somente como veiculador, mas atua em todo o processo de ciclagem de elementos minerais, sobretudo como veículo de transferência das copas para a serapilheira. Em consequência da deposição seca, quantidades variáveis de materiais acumulam-se sobre as superfícies expostas das plantas. As florestas constituem um filtro atmosférico particularmente importante e retêm quantidades significativas de partículas atmosféricas. A remoção de substâncias minerais das copas das árvores pela chuva refere-se, principalmente, à remoção de nutrientes depositados sobre as folhas (Blum, 1978 e Tukey, 1970).

A Floresta Nacional avaliada situa-se longe de atividades industriais, de mineração e nenhuma rodovia com trânsito maior, cruza em suas proximidades, e, conseqüentemente toda a região está menos sujeita aos impactos causados por aquelas atividades e a concentração de partículas na atmosfera mantém-se mais próxima à concentração natural. No entanto, a área da floresta está exposta aos efeitos dos incêndios periódicos das formações herbáceo/arbustivas em seu entorno e o conseqüente aumento de cinza arrastada para a atmosfera. Sofre, igualmente, influência de origem oceânica, pois está situada sobre a borda oriental do Planalto das Araucárias e num corredor de ventos predominantes da direção leste para oeste e que afetam com intensidades variáveis a Floresta Nacional (Fernandes & Backes, 1998).

A pesquisa teve como objetivo avaliar a precipitação pluviométrica na área da Floresta Nacional de São Francisco de Paula e a concentração de nutrientes minerais na água de chuva total e na água de gotejamento no interior da floresta.

Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, localizada no município de São Francisco de Paula, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A Floresta Nacional está localizada próxima à borda oriental do Planalto das Araucárias, entre as coordenadas 29°24' e 29°27' S e 50°22' e 50°25' W e a altitude máxima no interior da floresta é de 923m. Enquadra-se, portanto, na categoria de Floresta Ombrófila Mista Montana.

A Floresta Nacional ocupa, atualmente, 1.606 hectares e está constituída por um mosaico de formações que compreende remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, floresta de transição, formações herbáceo/arbustivas, bosques plantados de *Araucaria angustifolia*, *Pinus elliottii* Engelm., *Pinus taeda* Linn.,

Cryptomeria japonica (Linn.f) D. Don. e de *Eucalyptus* spp. Os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista objetos do presente estudo, são formados por numerosos espécimes de *Araucaria angustifolia*, sendo que a maioria tem mais de 0,80 m de diâmetro e 25 a 30 m de altura, e por diversas espécies consorciadas, entre as quais destacam-se *Blepharocalyx salicifolius* (H. B. & K.) Berg, *Ilex paraguariensis* St. Hil., *Tabebuia umbellata* (Sand.) Sandwith, além de diversas espécies dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea*. Os bosques de araucária, muitos plantados há mais de 50 anos, apresentam um diversificado sub-bosque formado por espécies nativas, em diferentes estádios de regeneração natural. Os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista juntamente com os bosques de araucária constituem o conjunto mais expressivo de toda a unidade de conservação (Backes & Viola, 2005).

A avaliação da precipitação pluviométrica foi feita com a utilização de 20 pluviômetros, instalados, dois em áreas abertas junto à floresta e os demais, doze, no interior de dois remanescentes de Floresta Ombrófila Mista e seis num bosque plantado de *Araucaria angustifolia*. Para a coleta da precipitação interna os pluviômetros foram distribuídos, em cada área, ao longo de duas transeções de 100 m por área de estudo. A distância entre uma transeção e outra foi de 40 m e sobre cada transeção foram instalados três pluviômetros distantes 50 m um do outro, aproximadamente. Os pluviômetros instalados em áreas abertas visaram à coleta da precipitação total, externa à floresta, e os demais visaram à coleta de chuva interna que atravessa as copas dos diferentes estratos arbóreos da floresta. Os dados de precipitação foram obtidos através da média aritmética dos dois pluviômetros instalados em áreas abertas, suficientemente amplas para que não houvesse influência da floresta sobre o total de chuva recolhido. Os pluviômetros, segundo modelo recomendado por Likens & Eaton (1970), foram instalados sobre um suporte de madeira a um metro acima da superfície do solo. Os pluviômetros mediam 12 cm de altura por 15,5 cm de diâmetro. O fundo do pluviômetro foi ligado por meio de um tubo flexível a um recipiente de polietileno, revestido por lona plástica preta e enterrado no solo, procurando evitar, dessa maneira, a proliferação de algas e o consumo de nutrientes minerais da água recolhida por aqueles microrganismos. O fundo do pluviômetro era guarnecido com tela de malha de um milímetro que impedia a passagem para o recipiente de fragmentos orgânicos. A água dos recipientes era recolhida e medida mensalmente e em seguida eram feitas a limpeza e a lavagem de todos os componentes do pluviômetro. Um litro de água de cada recipiente foi guardado congelado e as amostras de cada três meses, segundo as estações do ano, foram descongeladas e misturadas formando uma única amostra da precipitação total e uma de cada área florestal. Estas amostras serviram de base para as análises químicas. Estas foram realizadas pelo Laboratório de Análises do Departamento de Solos, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As análises foram feitas segundo Clesceri *et al.* (1998). Foram identificados e quantificados os seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, Na, B.

Foi determinado também o pH e a condutividade elétrica. Os dados referentes à chuva foram calculados a partir da medição da precipitação total e correspondem ao período de janeiro de 1999 a janeiro de 2001. Os dados obtidos durante os dois anos foram comparados aos fornecidos pelo 8º Distrito de Meteorologia, correspondentes à estação de São Francisco de Paula, distante 15 km da floresta (figura 1).

Resultados e discussão

Segundo o 8º Distrito de Meteorologia em São Francisco de Paula chove, em média, 2.252,0 mm por ano, podendo chegar, segundo Nimer (1990), a 2.500,00 mm anuais. São Francisco de Paula, situada em altitudes de 900 metros, apresenta os mais altos índices de precipitação pluviométrica do Estado e de toda a Região Sul do País. Durante os dois anos de coleta choveu na área da Floresta Nacional 2.065,0 mm, em média. Choveu regularmente em todos os meses e nenhum apresentou seca. Os meses com menos chuva foram os de abril e de agosto e em nove meses choveu mais de 150,0 mm por mês. As chuvas mais intensas ocorreram durante a primavera e o verão. De setembro a março, choveu 70% do total de chuva anual, aproximadamente (tabela 1).

A chuva coletada no interior da floresta foi de 1.821,2 mm por ano, em média, isto é, 12% menos em relação à chuva total e, portanto, 88% da chuva incidente atinge o solo no interior da floresta. A quantidade de chuva interceptada varia muito de uma floresta para outra (tabela 2). Em florestas tropicais as estimativas de interceptação, segundo Golley *et al.* (1978), Veneklass & Van Ek (1990), variam entre 5% e 80%, ainda que, a maioria situa-se entre 10 e 40%. Florestas temperadas interceptam, segundo Helvey & Patric (1965) e Lawson (1967), de 8 a 16%. A floresta estudada interceptou 12% e pelas condições gerais do ambiente, pode ser enquadrada nessa categoria. A Floresta Latifoliada do Morro do Coco, situada a 30°S, no Rio Grande do Sul, interceptou, em média, durante cinco anos, 12% da precipitação total (Backes, 2000). Segundo Cicco *et al.* (1985) e Arcova & Cicco (1987), a variação da precipitação é influenciada pela altitude, tipo de vegetação e pelo vento, sobretudo pelos ventos marítimos. No entanto, a quantidade de chuva que é interceptada depende de uma série maior de variáveis que mudam no tempo e no espaço e que impedem que as mesmas condições se repitam em locais e momentos diferentes. A composição florística e a estrutura da floresta, a frequência, a duração e a intensidade das chuvas, assim como as condições meteorológicas, são, entre outros, os fatores que mais comumente afetam a quantidade de chuva que é interceptada. As diferenças são decorrentes, além do mais, das metodologias utilizadas nas diferentes avaliações e que, na maioria das vezes, não são coincidentes. Clarke (1987) analisou os resultados de diferentes experimentos de interceptação de chuva em florestas tropicais e concluiu que os dados até então acumulados não permitem estabelecer nenhum padrão mais consistente, pois não ficou claro se as diferenças resultam de erros de medida ou se resultam do uso de metodologias

diferentes ou constituem diferenças reais. Caso forem diferenças verdadeiras, é difícil determinar se as diferenças são causadas por variações climáticas ou por diferenças da estrutura e composição das florestas.

A concentração de macronutrientes na chuva incidente foi de 5,99 mg/l de água e 1,02 mg/l de micronutrientes, em média. A concentração de macronutrientes foi, em ordem decrescente: $K > Ca > S > N > Mg > P$ e a dos micronutrientes foi: $Zn > Na > Cu > Fe > B > Mn$. A concentração total de elementos inorgânicos na água de chuva incidente foi de 7,01 mg/l, o que corresponde a 146,90 kg/ha/ano. A água da chuva traz um aporte importante de nutrientes minerais que são adicionados diretamente ao reservatório de nutrientes disponíveis, sem a necessidade de qualquer outro processo e, segundo Likens *et al.* (1967) e Eaton *et al.* (1973), representa uma das principais entradas de K, Ca, N e P para o solo e segundo Golley *et al.* (1978) a lavagem pela chuva constitui o segundo fator mais importante para a transferência de elementos minerais para o solo, sendo inferior somente ao total de elementos transferidos pela fração folhas da serapilheira (tabela 3).

A concentração de elementos minerais na precipitação interna foi de 13,27 mg/l de água. Deste total, 10,59 mg/l correspondem aos macroelementos e 2,68 mg/l aos microelementos. A chuva que chega anualmente ao solo da floresta contribui com 241,53 kg/ha de nutrientes minerais. A precipitação interna tem um acréscimo de 96,88 kg de elementos inorgânicos. Este enriquecimento resulta, segundo Willing (1980), da lixiviação de metabólitos e exsudados das plantas e pela lavagem de aerossóis depositados sobre as copas que formam os estratos arbóreo e arbustivo da floresta.

Considerando a precipitação média anual, em 31 anos, e as respectivas concentrações de elementos minerais na água de chuva analisada, a floresta tem um aporte de 157,68 kg, e de 261,91 kg por hectare por ano de nutrientes minerais, respectivamente pela precipitação externa e pela precipitação interna média estimada (tabela 4).

O pH da água da precipitação total variou entre 4,83 e 6,40, com desvio padrão de 0,42 e na precipitação interna variou entre 5,20 e 6,50, revelando que a mesma apresentou-se, em geral, levemente ácida e a passagem pelas copas não alterou significativamente o respectivo índice. Segundo Evans (1984) e Likens & Bormann (1974), com valores de pH inferiores a 5,60, a chuva é classificada ácida, o que ocorreu em duas amostras da precipitação total, com um valor levemente ácido (5,40) e outro fortemente ácido (4,80) e uma da precipitação interna levemente ácido (5,20). Não foi constatada nenhuma sazonalidade nos índices de acidez e os valores registrados não interferem nos processos de produtividade e de ciclagem de nutrientes minerais. As precipitações ácidas normalmente são determinadas em decorrência da deposição de íons à base de nitrogênio e de enxofre. As amostras analisadas apresentaram 31,91 e 31,64 kg/ha de íons NH_4 , NO_3 , NO_2 e S, respectivamente na precipitação total e na precipitação interna. De modo geral os valores do pH, inclusive da média,

ainda que as diferenças foram pequenas, os da precipitação total são inferiores aos da precipitação interna, o que, segundo Meguro *et al.* (1979) e Lima (1979, 1985) é conseqüência do efeito tamponante das copas em relação à água da chuva, a qual produz um aumento da dissolução de K, Ca e Mg, depositados, principalmente sobre as folhas das árvores. A diferença entre o pH da precipitação total varia de 3 a 4 e entre a precipitação interna entre 4 e 5 (tabela 5).

A condutividade elétrica da água de precipitação total foi de 19,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em média, e a da precipitação interna foi de 49,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em média. A diferença de 29,72 $\mu\text{S}/\text{cm}$ evidenciou o enriquecimento de nutrientes minerais da água de precipitação interna.

A diferença entre a condutividade elétrica da precipitação total e da precipitação interna constitui um parâmetro para avaliar mudanças de concentração de íons na água. A condutividade média da precipitação total foi de 20,08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e variou de 14,03 a 34,46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a condutividade média da precipitação interna foi de 46,45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e variou de 18,17 a 57,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores da condutividade elétrica da chuva de gotejamento foram sempre superiores aos da chuva incidente o que evidencia o aumento da concentração de íons na chuva de gotejamento em conseqüência da lixiviação das copas (tabela 6).

A concentração de nutrientes minerais, assim como os índices de pH e de condutividade elétrica da água da precipitação interna, foram alteradas em conseqüência da interação da água de precipitação com as espécies que compõem a floresta avaliada. Segundo Blum (1978), o aporte de nutrientes por meio da água da chuva representa uma contribuição importante para a sustentabilidade do ecossistema florestal.

Os elementos minerais contidos na chuva podem ter origem continental, marinha ou resultam de atividades industriais, de mineração ou agropastoris. Entre os primeiros destacam-se o potássio, o cálcio, o fósforo e o enxofre. O sódio e o magnésio têm procedência marinha. O zinco e compostos de nitrogênio e de enxofre têm origem antropogênica. A Floresta Nacional está inserida num mosaico vegetacional no qual predominam extensas áreas savânicas, muitas ocupadas, hoje, por bosques de *Pinus spp.*, descaracterizando em grande parte a configuração original dos sistemas de vegetação em todo o Planalto das Araucárias no Estado do Rio Grande do Sul. As práticas de manejo dos remanescentes das antigas savanas incluem o uso do fogo. Em conseqüência, anualmente são incendiados com a queima de toda a fitomassa epígea. Essa prática tem como conseqüência a exportação de quantidades consideráveis de nutrientes minerais das áreas incendiadas. Segundo Coutinho (1980, 1982) e Clark *et al.* (1998) um aspecto extremamente importante é a grande exportação de nutrientes que um ecossistema incinerado sofre. A conversão dos sistemas de vegetação em pastagens, em pastagens ou outros usos e a queima, muitas vezes anual, aumenta consideravelmente o ingresso de íons nos sistemas próximos.

Enquanto as áreas incendiadas exportam nutrientes, carregados, sobretudo pelo vento, outras importam através da deposição seca e, principalmente, através da chuva. Nos ecossistemas herbáceo/arbustivos em torno à Floresta Nacional, em altitudes de aproximadamente 900 metros e, em dias secos, o vento exerce papel importante na dispersão das cinzas, ao passo que a vegetação arbórea, assim como a floresta como sistema fechado, exerce um papel filtrante particularmente importante, retendo quantidades consideráveis dessas cinzas e conseqüentemente os nutrientes nelas contidos, sobretudo potássio, cálcio, magnésio e enxofre. A retenção de íons pelas copas é estimada pela diferença entre a concentração da chuva da precipitação total e a da precipitação interna. A interação entre o dossel e a atmosfera é complexa. Segundo Clark *et al.* (1998) alguns íons, como o H e o N, são retidos, enquanto outros, como o K, são intensamente lixiviados. A arquitetura aerodinâmica do dossel, amplas áreas foliares e a presença de epífitos vasculares, aumenta a retenção. Tudo parece indicar que parte considerável dos nutrientes contidos na água da precipitação total e lixiviados das copas pela precipitação interna, têm sua origem na queima anual das savanas existentes em todo o entorno à floresta e carregados para seu interior pelos ventos, pelas chuvas e pela deposição seca e posteriormente lixiviados, para serem finalmente incorporados ao solo.

As florestas apresentam elevada capacidade de conservação de nutrientes, pois importam e concentram em seu interior, ao longo do tempo, estoques consideráveis, quer na biomassa, quer na necromassa ou incorporados em profundidades variáveis no solo. Parte é exportada pelo sistema de drenagem superficial.

Agradecimentos: quero registrar o agradecimento à Universidade do Vale do Rio dos Sinos pelo apoio ao projeto de pesquisa, à Direção e funcionários da Floresta Nacional de São Francisco de Paula pelo apoio aos trabalhos na área da Flona, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul pelos recursos financeiros possibilitando o desenvolvimento do projeto, aos bolsistas, estagiários e funcionários do laboratório de Ecologia Vegetal pela dedicação ao projeto durante os trabalhos na Flona assim como nas tarefas em laboratório.

Referências bibliográficas

- ALLEN, S. E.; CARLISLE, A.; WHITE, E. J. & EVANS, C. C. 1968. The plant nutrient content of rain water. *Journal of Ecology*. Oxford. 56, p. 497 – 504.
- ARCOVA, F. C. S. & CICCIO, V. 1987. Fluxo de nutrientes através da precipitação, precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar. Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*. S. Paulo. 41:37 – 58.

BACKES, A. 2000. Ecologia da Floresta Latifoliada do Morro do Coco, Vião, RS – III – Clima e microclima. *Pesquisas, Botânica*. São Leopoldo 20, p. 119 – 136.

BACKES, A. & VIOLA, M. G. 2005. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 19 (1): 155 – 160.

BLUM, W. E. H. 1978. Ecossistemas florestais: ciclo dos bioelementos. *Floresta*, Curitiba 9 (1), p. 39 – 51.

BRITZ, RICARDO MIRANDA DE. 1994. *Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.* (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Paraná. 240p.

BROWN, I. F.; SILVA FILHO, E. V. & OVALLE, A. R. C. 1989. Measurement of bulk and acidic deposition at tree canopy level in a subtropical premontane wet forest, RJ. *Biotropica* 21 (1), p. 15-19.

CARLISLE, A.; BROWN, A. H. F. & WHITE, E. J. 1966. The organic matter and nutrient elements in the precipitation beneath a sessile oak (*Quercus petraea*) canopy. *Journal of Ecology*. Oxford. 54, p.87 – 98.

CICCO, V. DE; EMMERICH. W.; FARIA, A. J. & FUJIEDA, M. 1985. Projeto de pesquisas hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha – Determinação do balanço hídrico. *Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais; a influência das florestas no manejo de bacias hidrográficas*, 7 e 8/02/1984. Curitiba, Documento 16, p. 135 – 142.

CLARK, K. L.; NADKARNI, N. M.; SCHAEFER D. & GHOLZ, H. L. 1998. Atmosphere deposition and net retention of ions by canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 14: 27 – 45.

CLARKE, R. T. 1987. The interception process in tropical rain forests: a literature review and critique. *Acta Amazonica* 16/17: 225 – 238.

CLESCERI, LENORE S.; GREENBERG, ARNOLD E., EATON, ANDREW D. FRANSON, MARY ANN H. (Ed.). 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th Edition. Washington: American Public Health Association. xxxvii, 1162 p.

CLEMENTS, R. G. & COLON, J. A. 1975. The rainfall interception process and mineral cycling in a montane rain forest in eastern Puerto Rico. In: Howell, F. G.; Gentrey, J. B. & Smith, M. H. (eds.). *Mineral cycling in Southeastern Ecosystems*. U.S. Energy Research and development Administration. 238p.

COUTINHO, L. M. 1980. As queimadas e seu papel ecológico. *Brasil Florestal*, 10 (44), p. 7 – 23.

COUTINHO, L. M. 1982. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. *Ecological Studies*, Ed. B.J. Huntley and B. H. Walker. Berlin-Heidelberg-N.York. 42, p. 273 – 291.

DOMINGOS, M.; POGGIANI, F. & STRUFFALDI, V. Y. 1986. Poluição atmosférica em trecho de Mata Atlântica III: Ciclagem de nutrientes na água da chuva e folheto. Reserva

- Biológica de Paranapiacaba. 37º Congresso Nacional da Sociedade Botânica do Brasil. Ouro Preto, MG. *Resumos...*, p.84.
- DUCE, R. A.; HOFFMAN, G. L. & ZOLLER, W. H., 1975. Atmospheric trace metals at remote northern and southern hemisphere sites: pollution or natural? *Science* 187: 59 -- 61.
- EATON, J. S.; LIKENS, G. E. & BURMANN, H. 1973. Throughfall and stemflow chemistry in a Northern Hardwood Forest. *The Journal of Ecology* 6, p. 65 – 77.
- EDWARDS, P. J. 1982. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. Cambridge. *Journal of Ecology* 70, p. 807 - 827.
- EVANS, L. S. 1984. Botanical aspects of acidic precipitation. *Bot. Rev.* 4(50), p.449-490.
- FERNANDES, A. V. & BACKES, A. 1998. Produtividade primária em floresta com *Araucaria angustifolia* no Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Botânica* 51 (1): 63 – 78.
- FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P. R.; MATSUI, E., & RIBEIRO, M. N. G. 1982. Interceptação das precipitações em floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazônica* 12 (3), p. 15 - 22.
- FRIEDLANDER, S. K. 1973. Chemical elements balances and identification of air pollution sources. *Envir. Sci. Technol.* 7: 235 – 240.
- GATZ, D. F. 1975. Relative contributions of different sources of urban aerossóis: application of a new estimation method to multiple sites in Chicago. *Atmospheric Environment* 9: 1 – 18.
- GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I. & DUEVER, M. J. 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. S. Paulo: E.P.U. e EDUSP. 256p.
- GRIMM, V. & FASSBENDER, H. W. 1981. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II. Producción y decomposición de los residuos vegetales. *Turrialba* 31 (1), p. 39 - 47.
- HELVEY, J. D. & PATRIC, J. H. 1965. Canopy and litter interception of rain-fall by hardwoods of Eastern United States. *Water Resources Res.* 1(2), p. 193 – 206.
- JORDAN, C.; GOLLEY, F.; HALL, J. & HALL, J. 1980. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian Rain Forest. *Biotropica* 12(1), p. 61 – 66.
- LAWSON, E. R. 1967. Throughfall and stemflow in a pine-hardwood stand in the Ouachita Mountains of Arkansas. *Water Resources Res.* 3, p. 731 – 735.
- LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H.; JOHNSON, N. M. & PIERCE, R. S. 1967. The Calcium, Magnesium, Potassium and Sodium budgets for a small forested ecosystem. *Ecology*. Durham. 48(5), 772 - 785
- LIKENS, G. E. & EATON, J. S. 1970. A polyurethane stemflow collector for trees and shrubs. *Ecology*. Durham. 51(5), 938 – 939.
- LIKENS, G. E. & BORMANN, F. H. 1974. Acid Rain: A serious regional environmental problem. *Science* 194, p. 1176 – 1179.

LIMA, W. P. 1979. Alteração do pH, condutividade e das concentrações de Ca, Mg e P da água da chuva em floresta de *Pinus caribaea var. caribaea*. IPEF, Piracicaba. 18, p. 37 – 54.

LIMA, W. P. 1985. Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerradão. IPEF, Piracicaba. 30: 13 – 17.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N. & DELITTI, W. B. C. 1979. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária. São Paulo. II – O papel da precipitação na importação e transferência de potássio e fósforo. *Boletim - Botânica Universidade de São Paulo* 7, p. 61 – 67.

MEURER, E. J. 2000. Introdução à Ciência do Solo. *Fundamentos de Química do Solo*. Porto Alegre. 11 – 21.

NIMER, E. 1990. Clima. *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro. 2, p. 151 – 187.

SILVA FILHO, EMMANOEL VIEIRA DA. 1997. *Geoquímica da deposição atmosférica no litoral do Estado do Rio de Janeiro*. (Tese de doutorado). Niterói: Universidade Federal Fluminense. 155p.

TUKEY, Jr. H. B. 1970. The leaching of substances from plants. *Annual Review of Plant Physiology* 21, p. 305 – 324.

VARJABEDIAN, ROBERTO. 1994. *Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais em mata Atlântica de encosta e em mata sobre restinga, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP*. (Dissertação de Mestrado) Universidade de São Paulo. 177p.

VENEKLAAS, E. J. & VAN DER MEULEN, R. 1990. Rainfall interception in two tropical montane rain forests, Colombia. *Hydrological Processes* 4: 311 – 326.

WALDICHUK, M. 1988. Exchange of pollutants and other substances between the atmosphere and the oceans. HUTZINGER, O. (Ed.) *The Handbook of Environmental Chemistry*. Berlin. 2:114 – 146.

WILLING, D. E. 1980. Water in the Catchment Ecosystem. *Water Quality in Catchment Ecosystems*. Chichester: John Wiley, p. 1-47.

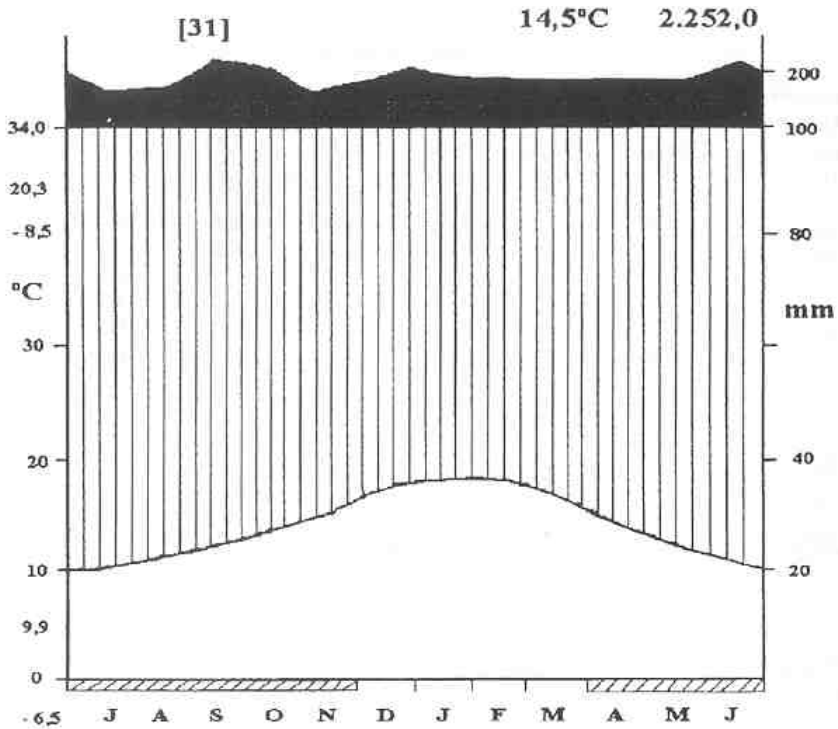


Figura 1 – Diagrama climático do município de São Francisco de Paula, RS. Dados fornecidos pelo 8º Distrito de meteorologia com sede em Porto Alegre do Ministério da Agricultura/RS.

MÊS	Precipitação total				Precipitação interna			
	Área 01		Área 02		Área 01		Área 02	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Jan	212,08	217,39	265,11	263,11	182,32	195,30	240,10	241,96
Fev	108,04	166,27	105,04	213,98	95,40	145,20	92,40	191,70
Mar	106,04	143,16	107,04	159,06	94,00	127,27	93,09	141,51
Abr	92,78	180,27	90,13	212,08	84,64	147,00	75,60	190,00
Mai	246,55	55,67	163,04	100,74	206,64	48,40	143,44	88,00
Jun	169,67	103,39	185,57	123,80	145,34	88,58	164,65	109,47
Jul	174,97	214,74	159,06	206,78	146,00	192,60	135,36	190,80
Ago	38,44	111,34	50,84	177,62	30,40	97,68	40,00	145,11
Set	265,11	246,55	238,60	240,60	243,80	208,00	214,20	216,10
Out	201,48	222,69	248,22	235,29	189,90	196,00	202,15	220,31
Nov	201,48	95,44	242,22	160,06	190,00	80,75	217,80	138,11
Dez	104,04	238,60	151,11	244,90	93,50	207,40	134,39	224,48
Total	1920,68	1995,51	2005,98	2338,02	1701,94	1735,18	1753,16	2097,55

Tabela – 1 – Totais mensais da precipitação total e da precipitação interna durante dois anos em dois stands na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil.

PAÍS	%	AUTOR
PANAMÁ	19	Golley <i>et al.</i> (1978)
VENEZUELA- Amazônia Amazônia	19 12 – 15	Grimm & Fassbender(1981) Jordan <i>et al.</i> (1980)
PORTO RICO	25 7,5 – 33	Kline & Jordan (1968) Clements & Colon (1975)
BRASIL		
Amazônia	19,8	Franken <i>et al.</i> (1982)
São Paulo		
São Paulo, USP	30	Meguro <i>et al.</i> (1979)
Campinas	19	Santos (1988)
S. André-Paranapiacaba	35	Domingos <i>et al.</i> (1986)
Cananeia-Ilha do Cardoso	15	Varjabedian (1994)
Cananeia-Ilha do Cardoso	13	Varjabedian (1994)
Rio Grande do Sul		
Viamão - Morro do Coco	12	Backes (2000)
S. Francisco de Paula-Flona	12	Este estudo

Tabela – 2 – Percentuais de chuva interceptada em diferentes sistemas florestais na região Neotropical

MÊS	Precipitação total				Precipitação interna			
	P.t.	Kg/ha/m	P.m.	Kg/ha/m	P.i.	Kg/ha/m	P.m.	Kg/ha/m
Janeiro	239,9	16,79	201,9	14,50	214,9	28,49	177,6	23,57
Fevereiro	148,3	10,36	197,4	13,83	131,4	17,45	173,7	16,04
Março	128,8	9,03	191,0	13,38	113,9	15,13	168,0	22,30
Abril	143,8	10,07	186,5	13,05	124,3	16,46	164,1	21,74
Mai	141,5	9,92	183,8	12,82	120,8	16,04	161,7	21,46
Junho	145,6	10,22	206,4	14,50	127,0	16,80	181,6	24,06
Julho	188,8	13,23	175,7	12,30	166,2	22,03	154,6	27,58
Agosto	94,6	6,61	173,1	12,12	78,3	10,41	152,3	20,19
Setembro	247,7	17,36	212,1	14,87	220,5	29,27	186,6	24,77
Outubro	226,9	15,91	202,8	13,83	202,0	26,81	178,5	22,69
Novembro	174,6	12,23	143,9	10,07	156,6	20,76	126,6	16,82
Dezembro	184,6	12,93	177,4	12,41	164,9	21,88	156,1	20,69
TOTAL	2.065,	144,65	2.252,0	157,68	1.821,2	241,53	1.981,4	261,91

Tabela 3 – Precipitação total (P.t: médias mensais de 1999 e 2000), precipitação média (P.m: 31 anos, médias mensais), precipitação interna (P.i: médias mensais de 1999 e 2000) e precipitação interna média estimada em 88% (P.m: 31 anos) e respectivas concentrações (kg/ha/mês) de nutrientes minerais.

	Precipitação total			Precipitação interna		
	mg/l	x39,36	Kg/ha	mg/l	x34,64	Kg/ha
N	0,58	22,82	12,09	0,55	19,52	10,10
P	0,15	5,90	3,13	0,23	7,90	4,22
K	2,73	107,45	56,97	6,15	213,04	112,96
Ca	1,37	53,92	28,58	1,89	65,46	34,71
Mg	0,26	10,23	5,42	0,59	20,44	10,84
S	0,95	37,39	19,82	1,16	40,18	21,30
Total			126,07			194,13
Cu	0,09	3,54	1,87	0,13	4,50	2,39
Zn	0,45	17,71	9,39	0,63	21,82	11,57
Fe	0,08	3,14	1,66	0,08	2,77	1,47
Mn	0,02	0,79	0,41	0,03	1,03	0,54
Na	0,33	12,98	6,88	1,74	60,27	31,95
B	0,03	1,18	0,62	0,05	1,73	0,92
Total			20,83			48,84

Tabela 4 – Concentração de macro e micronutrientes minerais (mg/l) na água de chuva recolhida pelos pluviômetros na precipitação total (x 39,36 litros/ano), na precipitação interna (x 34,64 litros/ano), e por hectare durante um ano (kg/ha/ano)

	Precipitação total			Precipitação interna		
	Área 01	Área 02	Média	Área 01	Área 02	Média
19/05/99	6,35	6,50	6,40	6,15	6,30	6,22
25/08/99	6,00	6,10	6,03	6,05	6,10	6,07
23/11/99	6,30	6,40	6,33	6,00	6,00	6,00
23/02/00	6,20	5,80	5,93	6,05	6,30	6,17
05/04/00	5,80	5,40	5,66	5,90	5,70	5,80
31/07/00	6,10	5,90	6,03	5,65	6,50	6,07
01/11/00	6,05	5,70	5,90	5,80	5,70	5,75
17/01/01	4,85	4,80	4,83	5,50	5,20	5,35
D/padrão	±0,48	±0,55		±0,22	±0,42	
Média			5,08			5,93

Tabela 5 – Valores de pH da água de precipitação total e precipitação interna e o respectivo desvio padrão

	Precipitação total			Precipitação interna		
	Área 01	Área 02	Média	Área 01	Área 02	Média
19/05/99	50,10	18,82	34,46	14,85	69,10	41,97
25/08/99	12,44	17,65	15,04	44,65	69,80	57,22
23/11/99	19,00	28,00	23,50	38,50	51,00	44,75
23/02/00	17,60	18,00	17,80	38,00	59,00	48,50
05/04/00	10,26	17,80	14,03	34,70	51,40	41,55
31/07/00	16,60	14,70	15,65	33,05	-/-	33,05
01/11/00	14,74	18,12	16,43	30,00	6,34	18,17
17/01/01	15,10	32,40	23,75	20,15	59,00	44,07
D/padrão	±12,84	±6,10		±9,89	±21,57	
Média			20,08			46,45

Tabela 6 – Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) da precipitação total e da precipitação interna com os respectivos desvios padrão.

