

**NOTAS SOBRE A ECOLOGIA E A PRESERVAÇÃO DE
NOTHOCHILUS COCCINEUS RADLKOFE (SCROPHULARIACEAE),
ESPÉCIE ENDÊMICA AO MACIÇO DO CAPARAÓ, ES/MG**

Hugh DeForest Safford¹

Recebido em 17/03/1998. Aceito em 01/07/1999

RESUMO – (Notas sobre a ecologia e a preservação de *Nothochilus coccineus* Radlkofer (Scrophulariaceae), espécie endêmica ao maciço do Caparaó, ES/MG). O presente trabalho apresenta dados básicos sobre a ecologia e a distribuição de *N. coccineus* Radlk., a única espécie do gênero, endêmica nos campos de altitude do Maciço do Caparaó, sudeste do Brasil, no Parque Nacional do Caparaó. A estrutura espacial da população e os elementos relevantes da paisagem foram tratados no contexto das suas influências na dinâmica de população desta espécie rara e ameaçada. Observou-se que *N. coccineus* encontra-se restrita a populações disjuntas acima de 2.450m, nos picos mais altos do maciço. Nesses picos cresce *N. coccineus* somente nas encostas íngremes das faces sul e oeste, e em sítios com solos profundos e húmicos. A presença de bambus do gênero *Chusquea* pode ser necessária para a ocorrência de *N. coccineus*, pois as raízes de *Chusquea* foram muitas vezes encontradas parasitadas. Baseando-se em comparações estatísticas entre características de solo, altura de plantas, e crescimento desde 1994, pode-se concluir que as encostas de face sul parecem fornecer o habitat ótimo para *N. coccineus*. As distâncias entre as populações e o alcance um tanto limitado da dispersão de sementes podem favorecer o isolamento genético de algumas das populações mais remotas, contudo o pastejo do gado e a alta frequência de incêndios antropogênicos nos campos de altitude do Caparaó constituem-se claramente nas maiores ameaças à sobrevivência da espécie e do gênero a curto prazo.

Palavras-chaves – *Nothochilus coccineus*, Scrophulariaceae, espécie rara, Caparaó, campos de altitude, pastejo do gado, incêndios

ABSTRACT – (Notes on the ecology and conservation of *Nothochilus coccineus* Radlkofer {Scrophulariaceae}, a species endemic to the Caparaó massif, ES/MG). Basic data are presented regarding the ecology and distribution of *Nothochilus coccineus* Radlk., the only species of the genus, endemic to the “campos de altitude” of the Caparaó Massif, Southeastern Brazil, in the National Park of Caparaó. The spatial population structure and pertinent landscape elements are dealt with in the context of their probable influences on the population dynamics of this rare and threatened plant. *N. coccineus* was found to be restricted to disjunct populations occurring above 2,450m on the highest peaks in the massif; on these peaks, *N. coccineus* grows only on steep south and west slopes, in deep humic soils. The presence of bamboos of the genus *Chusquea* may also be a necessary precondition for the occurrence of *N. coccineus*, as *Chusquea* roots were frequently found parasitized. South-facing slopes appear to provide an optimum habitat for *N. coccineus*, based on statistical comparisons of soil characteristics, plant height, and plant growth made since 1994. The distances between populations, and the somewhat limited range of seed dispersal may result in the genetic isolation of some of the outlying populations of *N. coccineus*, but with regard to the short-term survival of the species and genus, grazing and the frequent occurrence of anthropogenic fire in the “campos de altitude” of Caparaó clearly constitute the greatest threats.

Key words – *Nothochilus coccineus*, Scrophulariaceae, rare species, Caparaó, campos de altitude, livestock grazing, fire.

¹ Section of Evolution and Ecology, University of California, Davis, CA 95616, USA

Introdução

O gênero *Nothochilus* foi coletado pela primeira vez por uma expedição alemã em 1888, e depois em 1941 por A. C. Brade, durante uma excursão à Serra do Caparaó. O gênero foi descrito por Ludwig Radlkofer na Alemanha em 1889 (Sitz. math.-phys. Cl. bayer. Akad. Wiss. xix {1889} 216-217) e até hoje possui apenas a espécie *Nothochilus coccineus* Radlk.

A espécie *N. coccineus* é restrita a uma área total menor que 5km². Trata-se de um táxon de muito interesse não só pela sua taxonomia e sua ecologia, mas principalmente porque está ameaçada de extinção. Neste trabalho são apresentados os primeiros dados em relação à ecologia e à distribuição de *N. coccineus*, até agora um táxon praticamente desconhecido, e são revistos os agentes antropogênicos de perturbação que podem alterar a vegetação dos campos de altitude e ameaçar a existência desta espécie endêmica.

Material e métodos

O presente estudo é fruto de trabalhos de reconhecimento feitos em julho e agosto/1997, como base para um estudo de biologia de populações, a iniciar-se em 1999.

Área de estudo foi a Serra do Caparaó, situada no Parque Nacional de mesmo nome, na divisa dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, a 15km ESE de Manhumirim, MG (20° 25' S, 41° 48' W) (Fig. 1). Esta serra abrange os picos mais altos do lado leste da América do Sul, destacando-se o Pico da Bandeira (2.890m), o Morro do Calçado (2.840m) e o Morro do Cristal (2.780m), respectivamente o terceiro, o quarto, e o sexto pontos mais altos do Brasil. O substrato geológico é Precambriano, metamórfico de alto teor (principalmente gnaiss), soerguido ao longo de falhas durante o Terciário e o princípio do Quaternário.

Acima de 2.000m, a floresta alto-montana começa a ceder lugar a formações rupestres, conhecidas como campos de altitude. Os campos de altitude constituem talvez os ambientes mais raros do bioma da Mata Atlântica, sendo

verdadeiras ilhas de vegetação campestre-arbustiva, isoladas nos cumes das montanhas mais altas do sudeste do Brasil (Martinelli & Bandeira 1989; Safford 1998a). Os solos nos campos de altitude da Serra do Caparaó variam de rasos, rochosos e muito oxidados abaixo de ca. 2.400m, assim como nas encostas da face norte mais altas, a espessos e húmicos, tanto acima de ca. 2.400m, como em bacias e anfiteatros dirigidos para sul, a altitudes inferiores. Climaticamente, os campos de altitude representam os lugares mais frios do leste da América do Sul, com temperaturas alcançando valores inferiores a -10°C nas noites mais rigorosas do inverno. Nos campos do Caparaó, temperaturas máximas do mês mais quente oscilam entre 20 e 25°C. A temperatura média anual, estimada do gradiente altitudinal regional de temperatura (ca. 0,55°C/100m; Safford 1998b) e verificada por temperaturas de solo medidas em profundidades menores que 70cm, fica em torno de 10,5°C a 2.400m (o limite mais baixo da ocorrência de *N. coccineus*), e 8,5°C a 2.800m (o limite mais alto da espécie).

O trabalho de campo envolveu primeiramente a localização de populações de *N. coccineus* e a estimativa do número de indivíduos em cada população. Foram escalados todos os picos na Serra do Caparaó com mais de 2.500m de altitude e a grande maioria dos picos com mais de 2.400m. Em todos os locais em que se encontraram populações foram medidas: (1) a altitude, por altímetro; (2) a declividade da encosta, por inclinômetro; (3) o rumo da encosta, por bússola. Também foram medidas: (4) a altura de cinco até trinta plantas (dependendo do tamanho da população); (5) o número de caules com flores de cada uma das plantas amostradas; e (6) a profundidade do solo sob cada uma das plantas amostradas. Devido ao comprimento limitado da sonda utilizada, solos mais profundos que 100cm foram registrados simplesmente como "1 m". Uma amostra de solo foi coletada em cada local, sendo composta de cinco subamostras sistematicamente retiradas do centro e dos quatro cantos de um polígono imaginário, encerrando a população sendo investigada, a profundidade de 10-15cm. Em cada local foram feitas observações sobre a

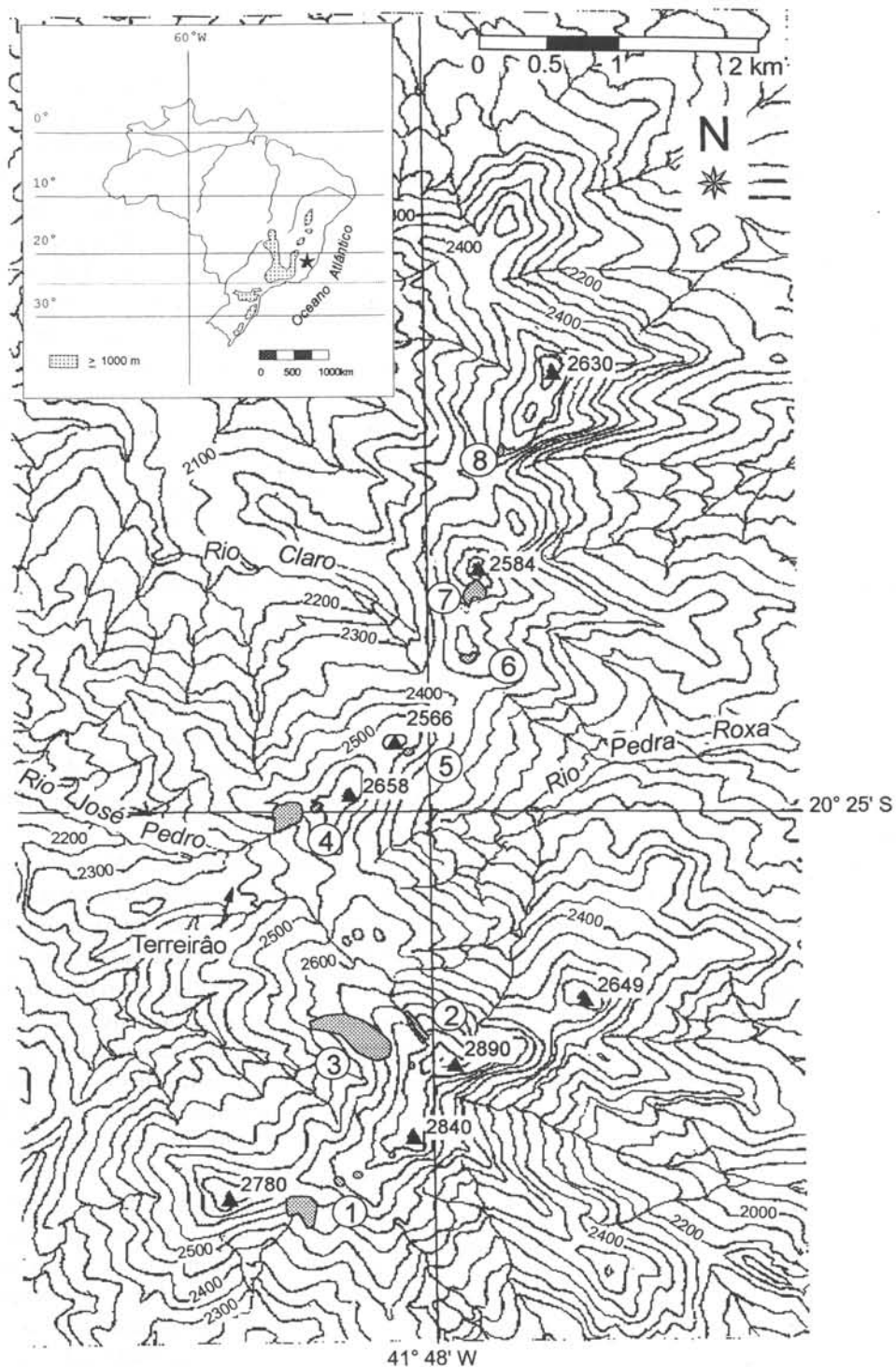


Figura 1. Mapa da posição geográfica da Serra do Caparaó (estrela) e mapa topográfico da área de estudo, o Maciço do Caparaó, com as posições das oito populações encontradas de *N. coccineus*. O ponto 2.890 (na metade inferior do mapa) representa o Pico da Bandeira. Curvas de nível = 100m até 2.200m; 50m acima de 2.200m.

história natural de *N. coccineus*, tal como listagem de outras espécies associadas ao mesmo ambiente.

A dispersão de sementes foi estudada no laboratório do Herbário Guido Pabst, em Carangola, MG. As sementes (coletadas de cinco plantas de populações diferentes) foram colocadas sobre uma caixa de 0,5m alt. (aproximadamente a altura das maiores plantas encontradas no campo) e dispersas sobre superfície coberta com papel marcado a intervalos regulares de 10cm. Vento de 15 km/h (medido por anemômetro) foi gerado usando ventilador, tendo sido as sementes expostas ao vento por dois segundos. Além de *N. coccineus*, também foram dispersas as sementes de *Chromolaena maximiliani* (Schrad.) R. King. & H. Robins. (espécie anemocórica) e *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pavón) Mez (espécie endozocórica) como controles.

A umidade do solo foi avaliada no Herbário Guido Pabst, pesando-se amostras de solo antes e depois de secá-las por 36 horas a 60°C. O pH e os teores de C e N foram medidos no Department of Land, Air and Water Resources, na University of California, Davis, USA. O pH foi medido com pHmetro Beckman Omega 11 (1g solo:2 mL H₂O). Os teores de C e N foram medidos usando analisador de combustão de gás tipo Carlo-Erba.

Análises estatísticas univariadas foram feitas usando o programa STATA 4.0 (StataCorp 1995).

Estudos morfológicos foram realizados usando material fresco coletado por L. S. Leoni e material herborizado nos herbários seguintes: Herbário Guido Pabst, Carangola, MG (*L. S. Leoni* 3391, 3436, e 3459 (GFJP)); Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, RJ (*A.C. Brade* 46044 e 69890 (RJ)).

Resultados

N. coccineus é espécie perene, com caules eretos, raramente possuindo ramos secundários, que crescem de rizoma maciço e formam massa arbustiva de caules separados (Fig. 2). Todas as partes subterrâneas da planta são cobertas por uma camada de tecido alaranjado. *N. coccineus* é parasita facultativa. Vários haustórios foram achados acoplados a raízes do bambu *Chusquea pinifolia* Nees, e possivelmente também às raízes

de *C. baculifera* Silveira. Depois de três anos (a idade máxima das partes aéreas das plantas estudadas, devido ao grande incêndio de 1994, que arrasou quase toda a vegetação dos campos de altitude do Caparaó), uma planta de *N. coccineus* pode apresentar 10-15 caules, alcançando altura média de ca. 35cm (máxima de ca. 65cm), com cobertura foliar de ca. 0,25m² até quase 1m². As folhas de *N. coccineus* são relativamente pequenas, coriáceas, com cutina espessa, cor verde-oliva, ca. 14-20mm compr. e ca. 8-15mm larg. Os estômatos são restritos ao lado abaxial das folhas. As flores da espécie são grandes (30-60mm compr., 10-20mm larg.), alaranjadas, com capuz, reunidas em racemo, possuindo brácteas verdes. Colibris foram vistos polinizando *N. coccineus*, porém é possível que himenópteros e/ou outros insetos também sejam polinizadores, pois perfurações foram muitas vezes encontradas nas bases das pétalas. As sementes (inclusive a testa) de *N. coccineus* são muito pequenas (2-2,5mm compr., 0,5-0,7mm larg.); a testa é frouxa e enrugada, tomando forma reniforme. As sementes encontram-se sustentadas dentro de cápsulas, que contêm 400-500 sementes cada. As cápsulas são deiscentes, tendo o vento papel preponderante na dispersão.

As oito populações de *N. coccineus* encontradas foram mapeadas como mostra a Fig. 1. Os atributos das populações encontram-se na Tab. 1. A espécie só foi encontrada entre as altitudes de 2.450m e 2.810m, em encostas da face sul e/ou oeste, entre os rumos de 155° e 300°. A espécie é encontrada basicamente em encostas íngremes, com 15° a 45° de declividade (Fig. 3). A maior população (número 4), achada na encosta sul do cume oeste do Pico da Cruz do Negro (ponto 2.658, Fig. 1), tem aproximadamente 500 plantas. A menor (número 5) tem ca. de cinco plantas. As encostas da face sul abrigam aproximadamente 80% das plantas. A altura média dos indivíduos amostrados foi de 33,5cm ($\pm 0,99$ desvio padrão; mín. 13cm, med. 33cm, máx. 58cm), havendo diferenças significativas entre a população 4 e as outras populações (exceto a de número 5, na qual foi amostrado somente um indivíduo) (Tab. 1).



Figura 2. *Nothochilus coccineus* Radlkofer. Os caules com flores têm altura de ca. 35cm.

A profundidade média do solo foi de 37,1cm ($\pm 1,96$ desvio padrão; mín. 9cm, med. 35cm, máx. >100cm), mostrando diferenças significativas entre populações (Tab. 1). A umidade do solo (% do peso, medida três dias depois de chuva moderada) variou de 33% até 71%. Esta alcançou nas encostas face sul uma média de 56% , nas encostas face oeste, média de 37,5%. O pH do solo é sempre ácido, variando de 4,75 a 5,26. Os teores de C e N (por peso) são relativamente altos, sendo as médias 13,8% ($\pm 1,23$ d.p.; mín. 10,2, med. 12,9, máx. 16,8) e 1,09% ($\pm 0,186$ d.p.; mín. 0,759, med. 0,932, máx. 1,96) respectivamente. Testes t envolvendo duas populações amostradas foram realizados para determinar se existiam diferenças significativas entre as populações das encostas face sul (entre os rumos 136° e 225°) e populações das encostas face oeste (entre os rumo 226° e 315°), em termos de profundidade do solo, altura de plantas, e crescimento desde 1994 (Fig. 4), sendo o crescimento função da altura de plantas com pelo menos cinco caules com flores. De fato, diferenças altamente significativas foram

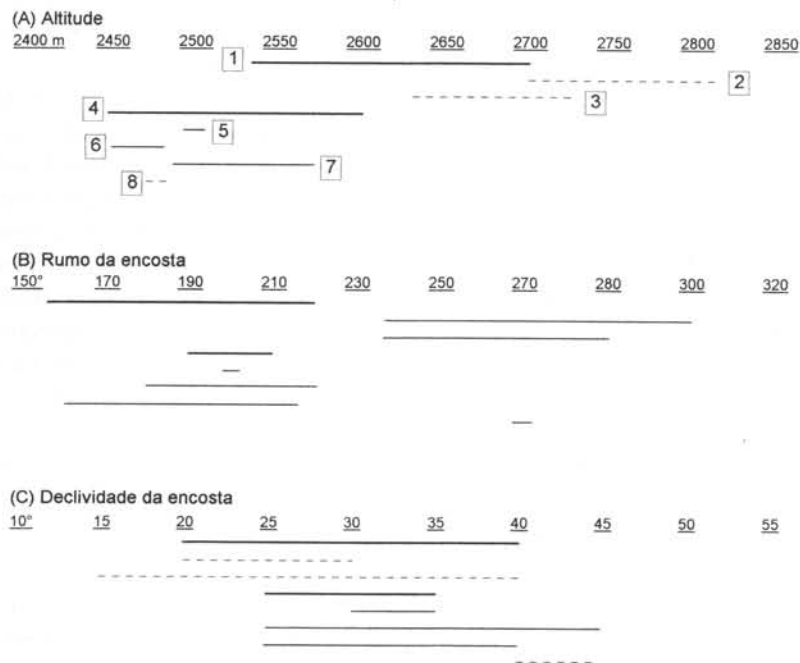


Figura 3. Distribuições das oito populações encontradas em relação à altitude, rumo, e declividade da encosta. Como mostrado em (A), as populações se acham em ordem numérica, ou seja, população 1 (veja Tab. 1 e Fig. 1) é sempre representada pela linha superior, população 8 pela linha inferior. As linhas espessas e inteiras representam as duas maiores populações (1 e 4), as linhas tracejadas representam populações das encostas face oeste (2, 3 e 8).

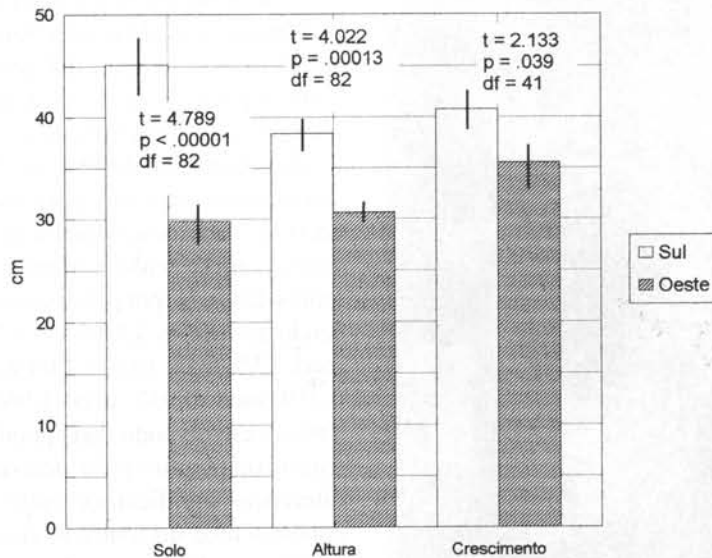


Figura 4. Médias (\pm desvio padrão) de profundidade do solo, altura de plantas e crescimento de plantas de *Nothochilus coccineus* desde 1994, em encostas da face sul (Sul) e encostas da face oeste (Oeste) e os resultados de testes t comparando os dois grupos.

encontradas entre os dois grupos com respeito à altura de plantas e profundidade do solo, sendo os valores do grupo face sul superiores em ambos os casos; crescimento desde 1994 também foi significativamente mais rápido no grupo face sul (Fig. 4).

Comparações foram feitas entre encostas abrigando populações de *N. coccineus* e outras encostas (encostas face leste e norte) em termos de umidade de solo e conteúdo de C e N, todos avaliados em função da % do peso (Fig. 5). Três dias depois de chuva moderada, exposições face norte e leste continham ca. 10% H₂O por peso ($x = 10,4 \pm 0,029$ d.p.), enquanto encostas face sul e sudoeste continham 50% ($x = 49,8 \pm 0,06$ d.p.). Os teores de C e N foram significativamente mais altos nas encostas face sul (C = 13,8% vs. 10,1%; N = 1,09% vs. 0,67%) (Fig. 5). Por fim, a acidez do solo parece ser mais alta nas encostas frias e úmidas da face sul que em outras encostas. Como mostra a Tab. 1, o pH médio dos locais com *N. coccineus* é 4,99 (mín. 4,75, máx. 5,26), o pH medido em outras encostas (inclusive planícies) é mais alto ($x = 5,38$, mín. 5,27, máx. 5,62).

Os resultados do teste de dispersão de sementes são apresentados na Fig. 6. A distância

média alcançada por sementes de *N. coccineus* foi ca. 19cm, a máxima ca. 60cm. A distância média de *C. maximilianii* foi ca. 34cm, a máxima ca. 90cm. A distância média de *R. ferruginea*, ca. 8cm, a máxima 15cm.

As plantas vasculares mais comumente encontradas em associação com *N. coccineus* foram: *Baccharis* cf. *stylosa* Gardner, *Blechnum imperiale* F. & Gl., *Chusquea pinifolia* Nees, *C. baculifera* Silveira, *Drosera montana* St. Hil., *Eryngium* spp., *Galium (Relbunium)* spp., *Gaultheria caparaoensis* Brade & Sleum., *Microlicia* sp., *Oxalis confertissima* St. Hil., *Paepalanthus caparaoensis* Ruhland, *Phyllanthus* cf. *rosmarinifolius* Müll. Arg., *Plantago* spp., *Polygala* spp., *Senecio itatiaiae* Dusén, *Sisyrinchium* spp., *Xyris* spp., e várias ciperáceas. Musgos cobrem grande parte do solo.

Discussão

Embora a distribuição de *N. coccineus* seja aparentemente restrita ao Maciço do Caparaó, a espécie é mais abundante dentro do Parque do que se supunha (Leoni 1997). Foram encontradas oito populações, cada uma composta por várias subpopulações. *N. coccineus* se enquadra na

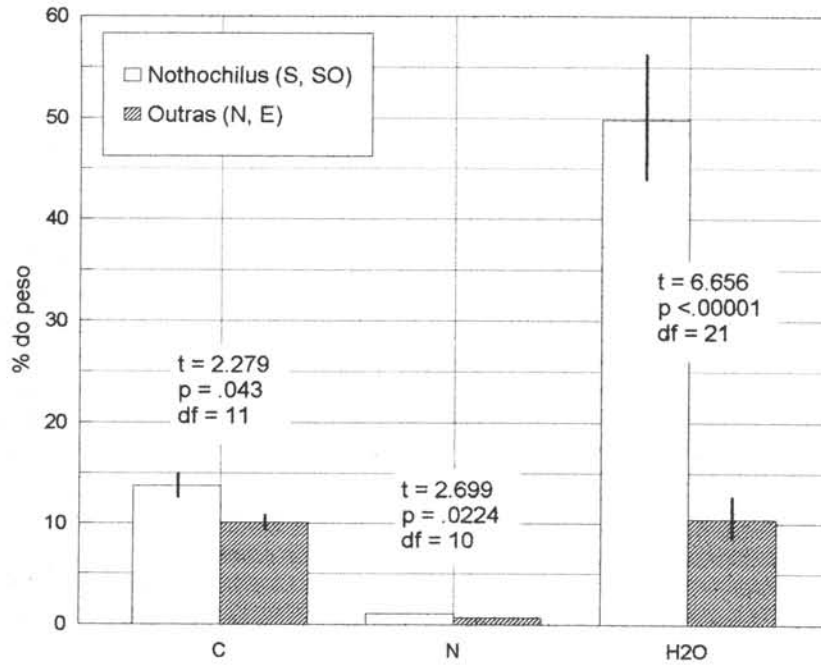


Figura 5. Médias (\pm desvio padrão) dos teores de carbono (%C), nitrogênio (%N), e água (%H₂O), obtidas em encostas abrigando populações de *Nothochilus coccineus* (encostas face sul e face oeste) e outras encostas (face norte e face leste) acima de 2.200 m e os resultados de testes t comparando os dois grupos.

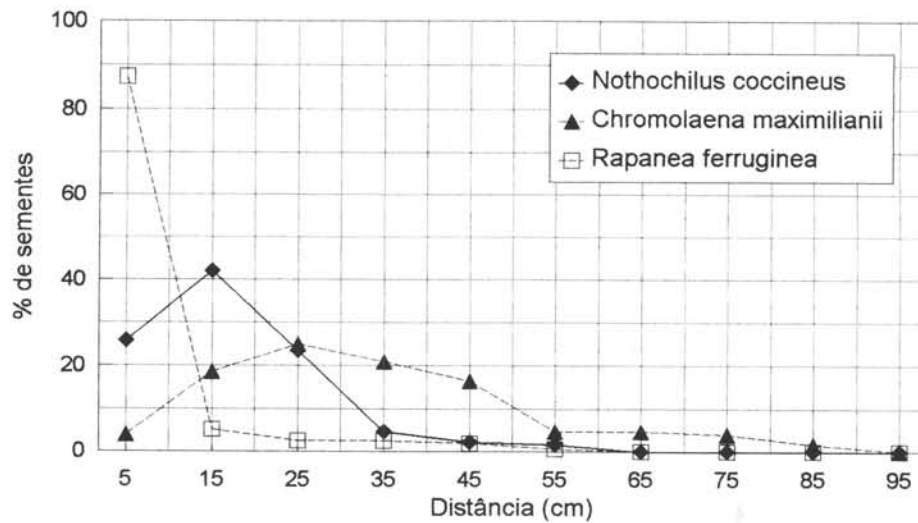


Figura 6. Resultados do teste da dispersão de sementes.

categoria 7 da tipologia de raridade proposta por Rabinowitz (1981), ou seja, espécie com distribuição geográfica limitada e fortes restrições ambientais, mas é relativamente abundante nos locais onde ocorre. Baseado nos resultados deste trabalho, é provável que deva existir (em 1998) no Maciço do Caparaó população de aproximadamente 1.500 a 2.000 indivíduos de *N. coccineus*.

Embora provavelmente existam no Parque Nacional do Caparaó alguns milhares de plantas de *N. coccineus*, os resultados deste estudo mostram que este número é enganosamente alto e não representa bem a situação ecológica da espécie. Primeiramente, os requisitos ecológicos da espécie (principalmente parâmetros do solo) só podem ser atendidos em locais muito específicos no Maciço, ou seja, em encostas altas e íngremes face sul e/ou oeste e na presença de plantas hospedeiras (*Chusquea*). Isto, possivelmente em conjunto com competição interespecífica, torna a espécie subdividida em populações isoladas, com cerca de 50% dos indivíduos concentrados em apenas dois locais (Tab. 1), sendo que a metade das populações encontradas contém menos de 100 indivíduos. Finalmente, a dispersão limitada das sementes de *N. coccineus* (vis a vis sementes realmente anemocóricas) pode indicar que as populações estejam não só isoladas geograficamente, mas também geneticamente.

Shaffer (1981) estabeleceu quatro tipos de fatores que podem influir na probabilidade de extinção de uma população: (1) estocasticidade demográfica (flutuações aleatórias nas taxas de natalidade e mortalidade e na razão entre sexos), (2) variabilidade em parâmetros demográficos causada por variações ambientais, (3) eventos catastróficos, e (4) processos de perda de variabilidade genética. Em populações pequenas e isoladas como as de *N. coccineus*, os efeitos prejudiciais desses fatores são altamente amplificados, principalmente pelo fato de que oscilações nos tamanhos das populações podem levar populações ao "ponto zero". Além disso, o isolamento genético de pequenas populações favorece os efeitos deletérios da deriva genética e depressão por endogamia. Juntos, todos estes

fatores podem agir sinergicamente e levar populações pequenas a um "vórtice de extinção" (Gilpin & Soulé 1986).

Dados demográficos e informações sobre quais são as fases da história vital que têm a maior influência sobre crescimento de populações e sobrevivência da espécie são fundamentais para o desenvolvimento de programas de recuperação para espécies ameaçadas (Schemske *et al.* 1994). Até agora, os dados apresentados neste estudo têm permitido caracterizar preliminarmente a estrutura espacial da paisagem concernente a espécie *N. coccineus*, o que é um passo importante, pois em ambientes muito heterogêneos, onde a espécie em questão tem dispersão limitada de propágulos, a estrutura espacial da paisagem pode ser até mais importante que fatores demográficos na determinação da abundância regional da população (Fahrig & Merriam 1994).

Acredita-se que extinções locais de populações fragmentadas ocorram com alta frequência (Meffe & Carroll 1994). É lógico, portanto, que a recolonização de locais vacantes deva ser crítica para a sobrevivência regional de *N. coccineus*. A probabilidade de recolonização depende de relações espaciais entre elementos da paisagem (como habitat primário e barreiras à dispersão), características de dispersão da espécie estudada, e mudanças temporais na estrutura da paisagem (Fahrig & Merriam 1994). Quanto aos elementos da paisagem, foi possível apontar neste estudo (1) o tipo de habitat em que se encontra a espécie, (2) algumas das variáveis físicas e bióticas que caracterizam este tipo de habitat, e (3) a grande maioria dos locais em que existem este habitat (Fig. 1). Ou seja:

(1) o tipo de habitat em que se situa a espécie é constituído por encostas face sul e oeste íngremes, acima de ca. 2.450m. A Tab. 1 e a Fig. 3 mostram que as maiores populações de *N. coccineus* se encontram em encostas face sul em altitudes medianas, onde provavelmente a espécie tem as mais adequadas condições ambientais para seu desenvolvimento. A Tab. 1 e a Fig. 3 também mostram que as populações mais altas crescem em encostas face oeste. Isto é previsível caso o metabolismo de *N. coccineus* seja limitado por

temperaturas baixas. A insolação elevada que recebem as encostas face oeste, vis a vis encostas face sul, permite que estas encostas fiquem mais quentes durante o dia, ou seja, que as linhas isotérmicas se elevem ao passar de exposições face sul a exposições face oeste. A 2.600m no Caparaó, a temperatura média anual em encostas face sul (estimada a partir da temperatura do solo medida a 85cm de profundidade, por 36 horas) é cerca de 8,3°C, enquanto a temperatura média anual em encostas face oeste (estimada da mesma maneira) é cerca de 10°C.

(2) As variáveis abióticas e bióticas que caracterizam o tipo de habitat em que viveja *N. coccineus* incluem: incidência direta limitada de raios solares durante o inverno, temperaturas relativamente baixas, solo profundo, húmico e úmido, de pH muito ácido, e a presença de muitas outras espécies que também são características de lugares frios e úmidos, sendo provavelmente mais importantes espécies do gênero *Chusquea*, as quais são as plantas hospedeiras de *N. coccineus*.

Os fatores abióticos que influem na dispersão de propágulos de *N. coccineus* incluem a direção e a velocidade das correntes de ar durante a estação seca (inverno e o começo de primavera), quando as sementes de *N. coccineus* são dispersas, bem como a topografia da paisagem e as distâncias entre populações. Os ventos entre junho e setembro têm a tendência de soprar de leste a oeste no Maciço do Caparaó, mudando para sudeste-noroeste com a chegada de frentes frias. As velocidades variam normalmente entre 0 e 15 km/h, subindo para 15-40km/h ou mais, na chegada de frentes (José Olímpio Vargas, Diretor do Parque do Caparaó, comunicação pessoal). A topografia entre as populações é acidentada, e caracterizada por cumes rochosos e vales profundos. Embora a direção predominante do vento seja de leste para oeste, uma visita ao Maciço (Fig. 1) comprova que a topografia específica de cada local muda tanto a velocidade como a direção do vento. Eventos de colonização podem depender muito da influência desses efeitos locais. A distância média entre populações de *N. coccineus* é de 2,3 km, sendo a mínima entre as populações 2 e 3 (0,2 km) e a máxima entre as populações 1 e 8 (5,6 km). A

distância entre as populações do sul (1-3) e as do norte (4-8) (Fig. 1) pode revelar-se como fator importante de isolamento genético.

Quanto às características de dispersão de *N. coccineus*, foi possível verificar que, embora as sementes da espécie apresentem adaptações à dispersão pelo vento, o alcance das mesmas é muito menor que nas realmente anemocóricas, como as de *Chromolaena maximiliani*. De qualquer maneira, é provável que panmixia verdadeira não ocorra neste gênero, contudo somente estudos genéticos podem determinar até que ponto o fluxo gênico ocorre entre as várias populações.

Mudanças naturais da paisagem e do clima normalmente permitem que espécies de plantas tenham tempo suficiente para fugir para locais ambientalmente apropriados (caso existam), mas as transformações de paisagem provocadas pelas ações do homem muitas vezes ultrapassam a capacidade de organismos evoluir ou emigrar (Peters & Lovejoy 1992; Vitousek 1992). A velocidade e a magnitude das mudanças antropogênicas (por exemplo, o aquecimento da atmosfera pelo efeito estufa) podem revelar-se muito intensas para espécies endêmicas e raras com requisitos de habitat estreitamente definidos como *N. coccineus* (Peters & Darling 1985; Peters & Lovejoy 1992).

Mais importantes e mais ameaçadores são os efeitos das perturbações antropogênicas atuando localizadas no espaço e durante curtos períodos de tempo. No Caparaó, as implicações do pastejo do gado e incêndios constantes são muito grandes, não só para plantas raras e endêmicas como *N. coccineus*, mas para todas as plantas e animais nativos dos campos e florestas circundantes. Utilizando dados apresentados neste trabalho e observações feitas no campo, pode-se afirmar:

(1) Com respeito à presença de animais (principalmente cavalos) no Parque:

(a) Embora até agora não se tenha observado pastejo do gado em *N. coccineus*, é comum encontrar indivíduos pisoteados, especialmente acima do Terreirão, na população 5 (que é a maior população de *N. coccineus*, cuja sobrevivência é

provavelmente chave para a sobrevivência da espécie e do gênero).

(b) Herbivoria de *Chusquea* spp. por cavalos é localmente muito intensa (e.g. na população 5). *N. coccineus* depende do gênero *Chusquea* para a obtenção de parte desconhecida de seus nutrientes. Portanto, prejuízo ao bambu pode se traduzir em prejuízo a *N. coccineus* naqueles locais onde as duas ocorrem lado a lado. Neste sentido, seria importante saber realmente até que ponto *N. coccineus* depende de *Chusquea*. Vale a pena observar que, segundo Kuijt (1977), a dependência de membros da família Scrophulariaceae das suas espécies hospedeiras pode variar de acordo com condições ecológicas.

(c) O pastejo do gado não controlado quase sempre resulta em compactação e subsequente erosão do solo (Mora-Osejo & Sturm 1994; Hofstede 1995), ameaçando o substrato específico que *N. coccineus* necessita para se desenvolver. Terraplanamento de encosta provocado pelas trilhas produzidas pelo gado é especialmente óbvio na área da população 5, acima do Terreirão.

(d) Mudanças na vegetação alteram os microclimas locais, afetando elementos da história vital como germinação, crescimento e sobrevivência juvenil, bem como a aquisição de nutrientes pelas raízes (Larcher 1995).

(e) Pisoteio e herbivoria em encostas ocupadas por *N. coccineus* estão diminuindo a heterogeneidade da vegetação em tais encostas. Isto pode ter efeitos secundários importantes na dinâmica de populações de *N. coccineus*. Por exemplo, a capacidade de animais polinizadores de *N. coccineus* (e polinizadores e dispersores de outras plantas) de se aninhar ou se ocultar pode ser prejudicado pelo pastejo do gado (Kearns & Inouye 1997).

(f) Várias espécies de plantas até se beneficiam com a redução da competição interespecífica provocado pelo desbaste de plantas que se encontram na vizinhança pelo gado. Neste caso, futuros estudos são necessários para melhor compreensão do que realmente ocorre com *N. coccineus*.

(2) Com relação à ocorrência de incêndios no Parque:

(a) Até agora não se sabe com certeza se o fogo sempre foi parte importante na ecologia dos campos de altitude, se foi introduzido pelos indígenas, ou se foi introduzido pelos europeus. Vários autores afirmam que o fogo no Brasil tropical é perturbação puramente antrópica (Ferri 1980) porém análises de sondagens de solo no Brasil central têm descoberto carvão com idades de pelo menos 41.000 anos (Vicentini 1993). A ocorrência de relâmpagos durante a estação seca, os resultados de estudos de história de fogo nas proximidades do Caparaó (Behling 1995), observações preliminares de sondagens de solo tiradas de Terreirão (2.380m; Fig. 1), e um estudo recente da regeneração pós-incêndio da vegetação dos campos de altitude (Safford 1999) sugerem que incêndios sempre tenham ocorrido no Maciço, mas provavelmente com menor frequência que hoje em dia.

(b) Os efeitos do fogo são em grande parte semelhantes aos efeitos do pastejo, em relação aos problemas (ou benefícios) criados pela perda geral da vegetação e animais polinizadores, etc. (Vogl 1974; Hofstede 1995). Ainda não se sabe a verdadeira taxa de sobrevivência de *N. coccineus* depois do fogo, mas a ocorrência de milhares de indivíduos da espécie no Maciço três anos depois do incêndio de 1994 sugere que a espécie apresente adaptações. O rizoma maciço parece ser a adaptação chave neste sentido, mesmo que não represente adaptação específica ao fogo, porque este possibilita a sobrevivência da parte subterrânea da planta, mesmo com a destruição total da parte aérea.

Finalmente, é importante lembrar que estudos nos páramos de Costa Rica, Venezuela, Colômbia, Equador e Peru, sistemas muito similares aos campos de altitude (Safford 1998a; 1998b), têm constatado mudanças importantes na flora e fauna e em processos inerentes ao ecossistema devido ao pastejo do gado e a incêndios antropogênicos (Chaverri *et al.* 1976; Horn 1990; Balslev & Luteyn 1992; Mora-Osejo & Sturm 1994; Hofstede 1995). Portanto, não há como não esperar impactos semelhantes no Brasil.

Agradecimentos

Ao Sr. José Olímpio Vargas, diretor do Parque Nacional do Caparaó, e ao Sr. L.S. Leoni, curador do Herbário Guido Pabst, da Universidade do Estado de Minas Gerais, Carangola, MG, por ter fornecido apoio durante os trabalhos de campo e de laboratório, e durante a preparação deste estudo. Ao Dr. Jim Richards (L.A.W.R., Universidade de California - Davis), que permitiu o uso do laboratório. À Cathy Millikin (L.A.W.R., UC-Davis), que realizou as análises de C e N. Ao Julianno Sambatti (Graduate Group of Ecology, UC-Davis), que me auxiliou na tradução para o Português. Aos assessores, pelas críticas pertinentes e sugestões.

Referências bibliográficas

- Balslev, H. & Luteyn, J. L. (Eds.). 1992. **Páramo. An Andean ecosystem under human influence**. Academic Press, London.
- Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology* **14**: 253-268.
- Chaverri, A.; Vaughan, C. & Poveda, L. J. 1976. Informe de la gira efectuada al macizo de Chirripó a raíz del fuego ocurrido en Marzo de 1976. *Revista de Costa Rica* **11**: 243-279.
- Fahrig, L. & Merriam, G. 1994. Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* **8**: 50-59.
- Ferri, M. G. 1980. **Vegetação brasileira**. Editora Itatiaia Ltda., São Paulo.
- Gilpin, M. E. & Soulé, M. E. 1986. Minimum viable populations: processes of species extinction Pp. 125-139. In: M. E. Soulé (Ed.), **Conservation biology: the science of scarcity and diversity**. Sinauer, Sunderland.
- Hofstede, R. G. M. 1995. **Effects of burning and grazing on a Colombian páramo ecosystem**. Hugo de Vries Laboratory, University of Amsterdam.
- Horn, S. P. 1990. Vegetation recovery after the 1976 páramo fire in Chirripó National Park, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* **38**: 267-275.
- Kearns, C. A. & Inouye, D. W. 1997. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *BioScience* **47**: 297-307.
- Kuijt, J. 1977. Haustoria of phanerogamic parasites. *Annual Review of Phytopathology* **17**: 91-118.
- Larcher, W. 1995. **Physiological plant ecology**. 3rd ed. Springer-Verlag, New York.
- Leoni, L. S. 1997. Catálogo preliminar das fanerógamas ocorrentes no Parque Nacional do Caparaó - MG. *Pabstia* **VIII(2)**: 1-28.
- Martinelli, G. & Bandeira, J. 1989. **Campos de altitude**. Editora Index, Rio de Janeiro.
- Meffe, G. K. & Carroll, C. R. 1994. **Principles of conservation biology**. Sinauer, Sunderland.
- Mora-Osejo, L. E. & Sturm, H. 1994. **Estudios ecologicos del páramo y del bosque Altoandino, Cordillera Oriental de Colombia**. Tomo I. Academia Colombiana de Ciências Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá.
- Peters, R. L. & Darling, J. D. S. 1985. The greenhouse effect and nature reserves. *BioScience* **35**: 707-717.
- Peters, R. & Lovejoy, T. E. 1992. **Global warming and biological diversity**. Yale University Press.
- Rabinowitz, D. 1981. Seven forms of rarity. Pp 205-217. In: H. Synge (Ed.). **The biological aspects of rare plant conservation**. Willey and Sons, New York.
- Safford, H. D. 1998a. Brazilian páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. *Journal of Biogeography*. No prelo.
- Safford, H. D. 1998b. Brazilian páramos II. Macro- and mesoclimate of the campos de altitude and affinities with high mountain climates of the tropical Andes and Costa Rica. *Journal of Biogeography*. No prelo.
- Safford, H. D. 1999. Brazilian páramos III. Patterns and rates of postfire regeneration in the campos de altitude. *Biotropica*. No prelo.
- Schemske, D. W.; Husband, B. C.; Ruckelshaus, M. H.; Goodwillie, C.; Parker, I. M. & Bishop, J. G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* **75**: 584-606.
- Shaffer, M. L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *BioScience* **31**: 131-134.
- StataCorp. 1995. **Stata statistical software: Release 4.0**. College Station. State Corporation, Texas.
- Vicentini, K. R. C. F. 1993. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia - GO**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.
- Vitousek, P. M. 1992. Global environmental change: an introduction. *Annual Review of Ecology and Systematics* **23**: 1-14.
- Vogl, R. J. 1974. Effects of fire on grasslands Pp. 139-194. In: T. T. Kozlowski & C. E. Ahlgren (Eds.). **Fire and Ecosystems**. Academic Press, New York.