

DEVLYNN COELHO DIAS

**RESTRIÇÃO POR SÓDIO EM FORMIGAS EM AMBIENTES
NATURAIS E ANTROPIZADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ecologia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2014

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

D541r
2014

Dias, Devlynn Coelho, 1983-

Restrição por sódio em formigas em ambientes naturais e antropizados / Devlynn Coelho Dias. – Viçosa, MG, 2014.
vii, 28f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Ricardo Ildelfonso de Campos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.24-28.

1. Química do solo. 2. Sódio. 3. Formigas. 4. Impactos ambientais. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Geral. Programa de Pós-graduação em Ecologia.
II. Título.


CDD 22. ed. 631.41

DEVLYNN COELHO DIAS

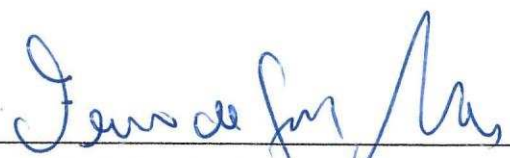
Restrição por sódio em formigas em ambientes naturais e antropizados

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

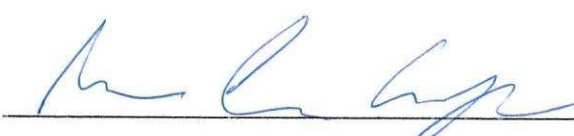
APROVADA : 28 de fevereiro de 2014



José Henrique Schroeder



Frederico de Siqueira Neves



Ricardo Ildefonso de Campos
(Orientador)

"Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças"

Charles Darwin

Aos meus queridos familiares,
amigos, professores e colegas

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que mesmo sem eu merecer, me deu saúde disposição, força e inteligência para seguir em frente. Aos meus pais e irmã que sempre vibraram com as minhas conquistas e sempre me incentivaram a cada vez chegar mais longe. A Adriana, que me aguentou e muito me ajudou, nesse tempo todo, sendo uma companheira em todos os momentos. Agradeço aos meus grandes amigos que mesmo à distância, estão comigo guardados no coração. Ao meu orientador Ricardo, que nesses dois anos, me deu suporte, incentivos e broncas, mas tudo em prol do meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço muito aos meus companheiros de laboratório, principalmente Karla e Tamires que me foram de grande ajuda na reta final da dissertação. Agradeço em especial ao programa de pós graduação em ecologia da Universidade Federal de viçosa pela oportunidade de engrandecer meus conhecimentos, aos professores que muito me ajudaram no árduo caminho e a CAPES, pela concessão da minha bolsa e estudos. Enfim, possivelmente esqueci-me de mencionar alguém, mas agradeço a todos que contribuíram comigo de alguma forma, pois foram essas contribuições que me fizeram atingir mais um objetivo. Obrigado.

CONTEÚDO

RESUMO	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO	1
MATERIAIS E MÉTODOS	4
RESULTADOS	12
DISCUSSÃO	18
CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	24

RESUMO

DIAS, Devlynn Coelho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014.
RESTRIÇÃO POR SÓDIO EM FORMIGAS EM AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS Orientador: Ricardo Ildefonso de Campos.

Vários elementos químicos são fundamentais para os organismos que compõem um ecossistema. Dentre os elementos importantes para os organismos, pode-se destacar o sódio, um elemento de fundamental importância para plantas e animais, por suas funções fisiológicas. Em habitats onde se observa qualquer intervenção do ser humano, se espera que haja uma modificação ou até mesmo restrição de certos elementos químicos. Conseqüentemente, como o sódio faz parte da solução de diversos solos no Brasil, pode-se esperar que com a ação antrópica, a disposição do sódio nos solos poderia ser também modificada. A partir disso, seria plausível esperar que essa alteração cause efeitos negativos também nos organismos associados a esses habitats modificados. Dessa forma, o objetivo geral do presente trabalho é determinar se modificações antrópicas na cobertura vegetal podem alterar a disponibilidade de sódio no ambiente, e conseqüentemente causar uma modificação na utilização desse nutriente pelos organismos presentes nesse habitat, sendo utilizadas aqui as formigas como objeto de estudo. Assim, os objetivos específicos do trabalho foram testar as seguintes hipóteses: i) a disponibilidade de sal no solo é maior em áreas antropizadas (ex. pasto e cafezal) do que áreas preservadas (matas) ii) a utilização de sal por formigas é maior em áreas preservadas (matas) do que em áreas com maiores ações antrópicas (ex. pasto e cafezal); iii) existe um efeito negativo da concentração de sódio no solo sobre a utilização de iscas de sódio por formigas, sendo que esse efeito é dependente do habitat amostrado (pasto, cafezal e mata). Para testar essas hipóteses foram escolhidos três habitats (cafezal, pasto e mata) nas Cidades de Alto Jequitibá, Alto Caparaó, Luisburgo, Viçosa e Ervália que compõem a Zona da Mata Mineira. Após o procedimento amostral de coleta de solos, procedeu-se a análise deste solo, a fim de identificar a concentração de sódio. Quanto as formigas, foram identificadas as espécies e preferências pelas soluções oferecidas. Para o procedimento amostral de formigas foram oferecidas soluções de água destilada, glicose e solução salina, colocadas diretamente sobre o solo, com distâncias de 2 metros entre si em uma parcela de 60x60 metros, em cada habitat estudado. Foi observado que a concentração de sódio nos solos de habitats antropizados (pasto e cafezal) foi maior do que em habitats naturais (mata) assim como previsto em nossa primeira hipótese. No entanto, ao contrário do esperado nas hipóteses 2 e 3, não houve efeito do habitat ou da concentração de sódio no solo sobre a utilização preferencial das iscas de sal pelas formigas. Para o presente estudo três possíveis fatores são apontados como principais: i) baixo número de “iscas visitadas por formigas”; ii) baixa concentração de sódio comparado a solos sódicos e iii) ausência de limitação de sódio para formigas nos três habitats. Finalmente, fazem-se necessários mais estudos, principalmente abordando diferentes tipos de usos do solo, que tentem investigar o efeito da antropização sobre a dinâmica de nutrientes e seu respectivo efeito sobre as comunidades naturais.

ABSTRACT

DIAS, Devlynn Coelho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2014. **SODIUM RESTRICTION FOR ANTS IN NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTS** Adviser: Ricardo Ildefonso de Campos.

Several chemical elements are fundamental to organisms that compose an ecosystem, but in some places or times of the year can be observed restriction of these elements in nature. Among the important elements for organisms, can highlight sodium, an element of fundamental importance to plants and animals, for their physiological functions. The sodium can be found in nature as part of the biomass of organisms or can be found principally in the soil. Habitats where observe any human intervention, it is expected that there is a modification or even restricting certain chemical elements. Accordingly, as sodium is part of the solution of many soils in Brazil can be expected with human action, the arrangement of the sodium in the soil could also be modified. In Brazil, specifically in Zona da Mata Mineira, any agricultural practices can affect the dynamics of sodium in the soil, for example, cattle with exotic pasture and coffee plantations. One of the quickest and low cost tools used to measure the degree of habitat disturbance is the utilization of organisms that may reflect the restriction or excess of certain chemical element in habitats, among the organisms most commonly used, there are the ants. Thereby, the specific objectives of this study were to test the following hypotheses: i) the availability of salt in the soil is bigger in disturbed areas (eg pasture and plantation) than preserved areas (forests) ii) the utilization of salt by ants is bigger in preserved areas (forests) than in areas with human activities (eg pasture and plantation); iii) there is a negative effect of the concentration of sodium in the soil on the use of sodium baits for ants, and this effect is dependent on the sampled habitat (pasture, plantation and forest). To test these hypotheses was chosen three habitats (coffee plantation, pasture and forest) in cities of Alto Jequitibá Alto Caparaó, Luisburgo, Viçosa and Ervália that comprise the Zona da Mata Mineira. After the sample collection soils procedure, we proceeded to analyze this soil, in order to identify the concentration of sodium. About ants, species and the preferences by solutions offered were identified, both analyzes were performed in the laboratory. For the sampling procedure ants, were offered distilled water, glucose and saline solutions, placed directly on the ground, with a distance of 2 meters apart on a plot of 60x60 meters in each habitat studied were offered. Was observed that the concentration of sodium in the soil of anthropogenic habitats (pasture and plantation) is higher than in natural habitats (forests), but there was no effect of the concentration of sodium in the soil on the use of salt baits by ants, being that it did not vary with habitat. The ants may not be sensitive to small changes in salt concentration in soil, or sodium not be restricted in natural environments studied, which would explain no differential preference for baits salt in natural environments. We then suggest that the action of man is responsible for the largest influx of sodium in the environments, however, despite the difference of this element in soil habitats studied, the ants showed no preference differential in relation to any of the solutions. It is believed that the ants were not sensitive to small variations of sodium in the soil, or that there is no restriction in the diet of the element of sampled ants, which could explain the absence of preference for this element. so the anthropogenic modification of sodium caused no visible impact on ant communities studied.

INTRODUÇÃO

Vários elementos químicos são importantes para os seres vivos, por apresentarem diversas funções fisiológicas. Tais elementos muitas vezes são limitantes para os organismos, por esta razão, muitos organismos demonstram uma preferência em sua dieta por alimentos que contenham estes elementos limitantes (TILMAN 1982; BIHN et al. 2008,). Podemos ressaltar ainda que alguns locais pode-se observar a limitação de um ou vários nutrientes, inclusive em certas épocas do ano observa-se também limitação de nutrientes. Segundo LOTKA, (1925); LOLADZE e KUANG, (2000); STERNER e ELSER, (2002) e KASPARI, (2012) a teoria que explica a preferência diferencial dos organismos em torno dos elementos limitantes as suas funções, chama-se estequiometria ecológica. Esta teoria sugere que os processos ecológicos, assim como as interações na natureza, são influenciados pelo balanço dos nutrientes fundamentais para os organismos. Para williams, (1981); sterner e elser, (2002); williams e fraústo da silva, (2005) e kaspari, (2012) dentre estes elementos 25 são fundamentais a vida, destacado-se o sódio.

O sódio é um elemento químico pertencente à família dos metais alcalinos (família 1A da tabela periódica (IUPAC 2011). O mesmo é encontrado normalmente na forma iônica (Na^+) e pode formar diversos compostos químicos tais como NaCl (cloreto de sódio), Na_2SO_4 (sulfato de sódio) e Na_2CrO_4 (cromato de sódio) (ANGER et al. 2000, SURESH e YAKOSE 2006). Dentro de seu ciclo inorgânico o sódio é encontrado principalmente na solução do solo, nas águas marítimas e nos aerossóis oceânicos. O sódio presente na atmosfera chega até a superfície do solo através da chuva. Ao cair no solo, o sódio pode se infiltrar, e constituir parte da solução deste solo. Outro fator que pode contribuir com o aumento de sódio nos solos é o intemperismo, processo pelo qual, rochas perdem seus componentes e com o tempo se transformam em solo (STUEBER e GOLES 1967; TOLEDO et al 2010). Quando presente na solução do solo, o sódio, por se ligar fracamente a essa solução (RIBEIRO et al 2009), pode ser lixiviado para as águas dos lençóis freáticos, rios ou lagos e finalmente ser devolvido ao mar, que é o seu principal depósito inorgânico.

Marschner (1995) argumenta que em relação ao ciclo orgânico do sódio, é observado que as plantas através do sistema radicular absorvem os nutrientes presentes no solo, inclusive o sódio. Este sódio é incorporado à biomassa das plantas, porém em pequenas quantidades. As plantas são fontes de alimento e energia dos animais que pertencem ao nível trófico dos consumidores primários sendo que cerca de 10% do sódio presente na biomassa vegetal é

convertido em biomassa animal. O mesmo autor fala ainda que em plantas terrestres a quantidade de sódio encontrada em sua biomassa é 1.0 mg.kg^{-1} , enquanto que em animais essa quantidade pode ser de 100 a 1000 vezes superior segundo entendimento de Cromack (1977). Este ciclo continua com a morte das plantas e dos animais, que passam a fazer parte da matéria orgânica em decomposição. Finalmente, após o serviço dos seres detritívoros e decompositores o sal tende a retornar à solução do solo (BOTKIN 1973)

O sódio é fundamental para todos os organismos, tendo importantes funções fisiológicas desde grupos mais basais (ex. bactérias unicelulares) até seres mais complexos. Em bactérias, o ion H^+ pode ser substituído por Na^+ na cadeia respiratória, gerando um potencial positivo intracelular que permite a formação de ATP (SKULACHEV, 1989). Jennings (1968) demonstra que nas plantas, por meio de um mecanismo homeostático no interior das células, o sódio pode amenizar o efeito negativo de outros íons tóxicos como, por exemplo, Al^{+3} . Além disso, o sódio ativa ATPases em células vegetais. Em animais, mais especificamente em insetos, o sódio tem grande importância na condução de estímulos nervosos (MOSKOWITZ et al. 1991), formação de tecidos musculares e na bomba de sódio e potássio que é um dos mecanismos responsáveis pela homeostase (MORTH et al. 2007). Finalmente, para todos os vertebrados o sódio é essencial para a vida. Constitui uma parte importante do plasma sanguíneo, e é utilizado no funcionamento do sistema nervoso, controlando a contração muscular e auxiliando os processos digestivos (Da SILVA e WILIAMS 2001).

Apesar de sua importância para os seres vivos, diversas atividades antrópicas vêm afetando a distribuição desse nutriente no nosso planeta (eg. KASPARI et al. 2010). Parece lógico que qualquer atividade que cause uma mudança na taxa de evaporação da água do solo, rios e mares poderá afetar a quantidade de sódio dissolvido. As mudanças climáticas globais parecem ser agravadas por uma série de atividades humanas (GOUDIE 2013), tais atividades podem justamente fazer com que haja uma maior perda de água por evaporação e conseqüentemente um maior acúmulo de sais especialmente no solo. No Brasil, as principais atividades antrópicas que modificam o ciclo natural do sódio são: o desflorestamento, práticas de irrigação e a utilização de fertilizantes. Segundo Spiers (1993) no estado de Minas Gerais e também nos outros estados produtores de café, para se alcançar uma alta produtividade é necessário a utilização de adubos, e estes em geral, têm certa quantidade de sódio em sua composição. Já em pastagens, observa-se a predominância de criações de gado, sendo que é esperado que os bovinos excretem significativas quantidades de sódio por meio das fezes e

urina (BANNINK, et al. 1999). Esta atividade permite que os animais contribuam diretamente para o aumento do sódio no ambiente, que é feita de forma aleatória e pontual, pois os animais urinam e defecam em locais variados.

Partindo-se do pressuposto que diversas atividades antrópicas modificam o ciclo do sódio, seria plausível esperar que essa alteração cause efeitos negativos também nos organismos associados a esses habitats. Como foi apontado anteriormente, a hipótese da estequiometria ecológica define que os organismos irão preferir os nutrientes que estejam limitantes dentro de seus habitats (LOTKA 1925; STERNER e ELSER 2002; KASPARI 2012). Nesse sentido, os insetos do grupo Formicidae podem ser considerados organismos ideais para refletir a restrição ambiental de certos elementos químicos (ROCES 1993; ELSER et.al 2000; COLEY et al. 1985; MEYER et al 2006; MACKGEOCH 1998; WINK 2005). Além disso, as formigas por serem extremamente generalistas, estão ligadas troficamente a quase todos os organismos do ecossistema nas teias alimentares. Mais especificamente sobre sódio, alguns trabalhos foram feitos em relação a efeito deste em colônias de formigas: Hernandez et al. (2012), encontrou que formigas forrageiras podem responder não apenas às suas próprias deficiências nutricionais, mas também aos dos seus companheiras, que podem ter necessidades nutricionais diferentes, dependendo de sua fase de desenvolvimento, sexo ou casta. Foi avaliado como o estresse salino entre formigas de floresta afeta suas preferências para o sal e sua sobrevivência subsequente. Resasco et al. (2013) observou que o aumento da disponibilidade de sódio através da alteração em sua deposição e fontes antropogênicas podem levar ao aumento da colônia e do crescimento populacional, com isso podem ser gerados impactos ecológicos em cascata. Ainda, foi observado que o sódio mesmo sendo importante para as formigas, em grandes concentrações pode vir a ser tóxico. Além disso, Kaspari et al. (2008) encontrou que a utilização de cloreto de sódio por formigas aumenta da costa para o interior do continente e que isso coincide com um gradiente de diminuição de sódio do litoral para áreas centrais do continente americano. Por outro lado, nenhum trabalho verificou a limitação por sódio em formigas em ambientes antropizados, sendo isso que de extrema importância do ponto de vista da conservação da biodiversidade.

Dessa forma, o objetivo geral do presente trabalho é determinar se modificações antrópicas na cobertura vegetal podem alterar a disponibilidade de nutrientes no ambiente, e conseqüentemente causar uma modificação na utilização desses nutrientes pelos organismos presentes nesse habitat. Mais especificamente, iremos testar aqui, se a possível modificação da disponibilidade de sódio em pastagens e plantações de café, causaria uma alteração na

utilização desse nutriente pela assembleia de formigas que forrageiam no solo. Assim, seria esperado que por meio da utilização de fertilizantes e pela excreção dos bovinos (em cafezais e pastagens respectivamente), os habitats antropizados teriam maior concentração de sódio e consequentemente as formigas utilizariam menos sódio nesses ambientes, quando comparado com a vegetação nativa (ex. Florestais Estacionais Semidiciduais). Deste modo, os objetivos específicos do trabalho foram testar as seguintes hipóteses: i) a disponibilidade de sal no solo é maior em áreas antropizadas (ex. pasto e cafezal) do que áreas preservadas (matas); ii) a utilização de sal por formigas é maior em áreas preservadas (matas) do que em áreas com maiores ações antrópicas (ex. pasto e cafezal); iii) existe um efeito negativo da concentração de sódio no solo sobre a utilização de iscas de sódio por formigas, sendo que esse efeito é dependente do habitat amostrado (pasto, cafezal e mata).

MATERIAIS E MÉTODOS

a) Áreas de estudo:

O estudo foi realizado em cinco cidades da zona da mata mineira: Viçosa, Ervália, Manhumirim, Alto jequitibá e Alto Caparaó O critério de escolha das cidades foi baseado na presença dos três tipos de habitats (Mata, Pasto e Cafezal) em distâncias próximas (máximo dois quilômetros (Km) de distância entre os habitats de cada cidade) (Tabela 1). As coletas foram realizadas sempre na estação chuvosa entre os meses de janeiro- março de 2012, e setembro-dezembro de 2013. Todas as cinco cidades possuem a mesma classificação climática (Clima subtropical úmido - Cwa segundo classificação de Köppen-Geiger).

Tabela 1 – Coordenadas geográficas das cidades e altitude e área dos habitats (mata, cafezal e pasto) coletados dentro de cada uma das cinco cidades.

Cidades	Coordenadas geográficas	Altitude	A. Mata	A. Cafezal	A. Pasto
Viçosa	20° 45' 17" S, 42° 52' 57"O	663 m	12,0 há	2,0 ha	2,0 ha
Ervália	20° 50' 25" S, 42° 39' 8" O	812 m	2,0 há	1,5 ha	1,0 ha
Alto Caparaó	20° 25' 59" S, 41° 52'29"O	1.009 m	3,2 há	1,0 ha	1,5 ha
Alto Jequitibá	20° 25' 15" S, 41° 57'31"O	645 m	2,3 há	1,7 ha	2,0 ha
Luisburgo	20° 26' 18"S, 42° 5' 52"O	813m	4,0 há	3,0 ha	1,5 ha

* **A. área total**

Em cada um desses cinco municípios foram escolhidos três habitat sendo eles: i) um fragmento de Mata Estacional Semidecidual (VELOSO 1991), ii) plantação de café da espécie (*Coffea arabica*) e iii) uma área de pastagem para gado dominada pela gramínea introduzida *Brachiaria* sp. Apesar da escolha das áreas ter seguido um padrão geral, os habitats escolhidos em cada cidade apresentam algumas características distintas entre si. Por esse motivo, em cada localidade, foi realizada uma entrevista com os proprietários sobre informações particulares de todos os habitat que serão explicitadas a seguir.

VIÇOSA

Mata

Esse habitat está localizado entre as coordenadas 20°47'68" S e 42°50'74"O. As coletas aconteceram na mata do seu Nico. Essa mata tem 100 anos, e 12 hectares de área, apresentando dossel fechado.

Cafezal

Esse habitat está localizado entre as coordenadas 20°47'66" S e 42°50'76"O. As coletas aconteceram nas proximidades da mata do seu Nico. Apresenta dez anos de idade. A altura média dos pés de café é de 1,20m. Nesse ambiente encontram-se 20.000 pés de café distribuídas em dois hectares. Curiosamente, nesta propriedade não há qualquer tipo de adubação nos pés de café, porém é utilizado o herbicida Roundup® duas vezes ao ano, no

período chuvoso. O espaçamento entre os pés de café é de 1m X 2,5m e é feita a limpeza uma vez por ano por meio de capina manual.

Pastagem

Localizado entre as coordenadas 20° 47' 55" S e 42° 50' 53" O. Observa-se como espécie de gramínea, a *Brachiaria* sp e foram utilizadas sementes para o estabelecimento da própria. O pasto tem idade estimada de 10 anos e o seu tamanho é de 12 hectares.

ERVÁLIA

Mata

A mata amostrada está localizada entre as coordenadas 20° 50' 24" S, 42° 39' 10" O. Possui uma idade aproximada de 35 anos de regeneração, mostrando traços claros de sucessão secundária segundo Resolução Conama 29, art. 2°. (1994). Foi constatado que nesta mata observa-se mínima ação antrópica.

Cafezal

Esse habitat está localizado entre as coordenadas 20° 50' 69" S e 42° 40' 94" O, tem idade estimada em 25 anos, e tamanho médio dos pés de café é 1,40m. O adubo utilizado no cafezal é o NPK 20/5/20.

A limpeza no entorno dos pés de café é realizada três vezes ao ano, e o espaçamento entre os pés de café é de 3/1,5m. Neste cafezal foi observado o plantio de milho entre os pés de café, porém na época de coleta de formigas não havia milho entre os talhões de café.

Pastagem

No habitat de pastagem, localizado entre as coordenadas 20° 50' 40" S e 42° 48' 23" O, predomina *Brachiaria decumbens*, estabelecida a 30 anos. O tamanho médio das touceiras de capim é em média 30 cm e a área estimada é de um hectare. Foi observada a presença de outras gramíneas, e ervas invasoras.

ALTO CAPARAÓ

Em Alto Caparaó foi escolhida uma propriedade vizinha ao Parque Nacional do Caparaó (20° 19' e 20° 37' S ;41° 43' e 41° 53' O), onde foram realizadas as coletas de formigas e solo em pastagem e cafezal. No Parque Nacional do Caparaó propriamente dito, foram feitas coletas na Mata Atlântica.

Mata

Em amostragem de mata, foi utilizada a mata estacional semi-decidual de um trecho do Parque Nacional do Caparaó, onde havia mata original. A área de mata é de 3,2 Hectares, também foi observado que nesta mata observa-se mínima ação antrópica. Mata localizada a 20° 25' 55" S, 41° 52'30"O.

Cafezal

O cafezal localiza-se a 20° 25' 56" S, 41° 52'29"O, tem idade de aproximada de 12 anos, tamanho médio das plantas de café é dois metros, a área deste cafezal é de um hectare.

O adubo utilizado é o NPK 04/14/08. A aplicação é feita diretamente nos pés de café duas vezes ao ano, no período chuvoso. O espaçamento usado é 1,5m horizontalmente e 2,5m entre os talhões. A limpeza entre as plantas é feita por capina rasa e aplica-se Roundup ®)

Pastagem

Este habitat apresenta o predomínio de *Brachiaria decumbens*. Esta área, apesar de apresentar elevada altitude, é uma área bastante plana e homogênea em relação ao terreno e as gramíneas. As touceiras têm em média 0,3 metros de altura e a área de pastagem é de 1,5 hectares. A localização geográfica da pastagem é: 20° 25' 56" S, 41° 52'28"O.

ALTO JEQUITIBÁ

Mata

A mata amostrada é um fragmento de mata atlântica original, apenas pequenos trechos em suas bordas demonstram traços de mata secundária (CONAMA 1994), porém nestas bordas o início da sucessão iniciou-se há mais de 100 anos, segundo o proprietário. Foi

constatado que nesta mata, praticamente não se observa-se ação antrópica. e a área de mata compreende 2,2 hectares.

Cafezal

O cafezal localiza-se a 20° 25' 11" S, 41° 57'32"O e tem idade de 18 anos, o tamanho médio das plantas de café é 1,60m. O adubo utilizado é o NPK 24/05/05, a aplicação é feita diretamente nos pés de café duas vezes ao ano. Além disso, é aplicado calcário no cafezal (uma vez/ ano), com a finalidade de corrigir o pH do solo. Como fonte de Nitrogênio para os pés de café é usada a ureia granulada. O espaçamento usado é 1,5m horizontalmente e 2,5m entre os talhões. A limpeza entre os pés é feita por capina rasa e aplica-se Roundup ®).

Pastagem

O pasto localizado a 20° 25' 16" S, 41° 57'33"O apresenta o predomínio de *Brachiaria decumbens*, mas há a presença de outras gramíneas invasoras que não foram identificadas com uma maior riqueza de detalhes. As touceiras tem em média 0,4m de altura e a área de pastagem é de dois hectares.

LUISBURGO

Mata

Esta mata amostrada é um habitat que possui uma idade aproximada de 50 anos, porém em alguns trechos foram feitas estradas para o acesso através desta. Foi constatado que nesta mata observa-se mínima ação antrópica. Sua área é de quatro hectares. Sua localização geográfica é: 20° 26' 17"S, 42° 5' 50"O.

Cafezal

O cafezal se encontra localizada a 20° 26' 20"S, 42° 5' 51"O, tem idade de oito anos, tamanho médio dos pés de café é 1,50m.

O adubo utilizado é o NPK 20/00/20, palha de café, superfosfato simples e calcário. A aplicação é feita diretamente nos pés de café duas vezes ao ano. O espaçamento utilizado é 1,5m horizontalmente e 2,0m entre as linhas horizontais. A limpeza entre os pés é feita uma vez por capina e aplica-se Roundup ® duas vezes por ano).

Pastagem

O pasto localizado a 20° 26' 19"S, 42° 5' 53"O apresenta o predomínio de *Brachiaria decumbens*, porém observa-se presença de capim colônio e também a presença de outras gramíneas invasoras que não foram identificadas com uma maior riqueza de detalhes, as touceiras tem em média 1,0m de altura e a área de pastagem é de 1,5 hectares

b) Procedimento amostral

Amostragem e análise de solo

Com o objetivo de apurar a quantidade de sódio do ambiente, foram coletadas 30 amostras por habitat ou parcela, totalizando 450 amostras de solo. Para essa amostragem, foi utilizada uma “cavadeira” onde foram retiradas amostras de solo contendo 100g com dez centímetros de profundidade. Essas amostras foram etiquetadas com informações tais como nome da cidade, tipo de habitat e número da amostra. Após a coleta, o solo foi submetido à análise de macronutrientes de solo pelo Laboratório de Análise de Solos e Folha Viçosa Ltda. O procedimento para análise adotado seguiu o protocolo proposto por PROFERT - Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo de Minas Gerais. Nesse procedimento, a amostra de solo é primeiramente seca ao ar e foi utilizada uma peneira de dois milímetros, afim de atingir a granulometria desejada. Após a fase de procedimentos físicos adotou-se os procedimentos químicos, onde a extração foi feita com extrator bi ácido (ácido clorídrico 0,05 N e ácido sulfúrico 0,025 N). Posteriormente houve agitação das amostras por cinco minutos, e decantação por 16 horas. Determinação do sobrenadante no aparelho fotômetro de chama de emissão. No caso do presente estudo o único componente analisado foi a quantidade de sódio (Na) dissolvida no solo, utilizando a unidade Parte Por Milhão, ou seja, PPM.

Coleta de formigas

Dentro de cada um dos três habitats (pasto, cafezal e mata) foram estabelecidos cinco linhas separados por uma distância de 15 metros um do outro, estas linhas foram feitas afim de explorar ao máximo todo o espaço da parcela. Em cada linha, foram colocadas 30 armadilhas atrativas, utilizando-se tubos do tipo vacutainer® que foram colocados abertos sobre o solo com uma distância de dois metros entre eles (Figura 1). Desse total de 30

armadilhas por linha, dez eram compostas por solução de água destilada, dez de solução de sacarose e dez de cloreto de sódio. A sequência dos tipos de solução dentro das linhas foi aleatória por meio da retirada sequencial dos tubos de dentro de uma sacola plástica escura. Foram amostradas um total de 50 armadilhas atrativas de cada uma das três soluções dentro de cada habitat, sendo 150 armadilhas por habitat e 450 por cidade, totalizando 2250 armadilhas atrativas (Figura 1).

Essas armadilhas foram confeccionadas colocando-se cerca de 2g de algodão em seu interior. Antes de inserir o algodão dentro dos tubos, foi despejado 2 ml de solução de água destilada, açúcar ou sal dentro do tubo. Dessa forma ao inserir o algodão o mesmo ficava em contato direto com a solução que tinha como objetivo a atração das formigas para dentro dos tubos. A concentração de cada solução foi 1% para a solução salina (sal de cozinha comum) e 10% para a solução de açúcar (açúcar de cristal comum). As concentrações foram escolhidas com base no trabalho de KASPARI et al. (2008), pois as mesmas obtiveram um maior poder de atração sobre as formigas. As armadilhas contendo água destilada foram utilizadas para retirar o efeito da atração aleatória pelos tubos, posto que as formigas apresentam naturalmente um padrão comportamental de curiosidade.

As coletas foram realizadas sempre entre 8:00 e 11:00 da manhã. Os tubos vacutainers® ficaram expostos por 90 minutos, após este tempo, os tubos foram fechados junto com as formigas que estavam dentro destes. Nos tubos, quando se observou a presença de formigas, foi chamado apenas de "iscas visitadas por formigas"

Após a coleta em campo, o material foi levado ao laboratório onde as formigas foram retiradas dos tubos vacutainers®, e colocadas em tubos do tipo eppendorf com álcool 70% e etiquetas com identificação. Posteriormente, as formigas foram montadas em triângulos de papel e alfinetes entomológicos, sobre placas de polietileno, e colocadas em caixas entomológicas. Finalmente, as formigas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível, sendo confirmadas pela taxonomista Msc. Gabriela P. Camacho.

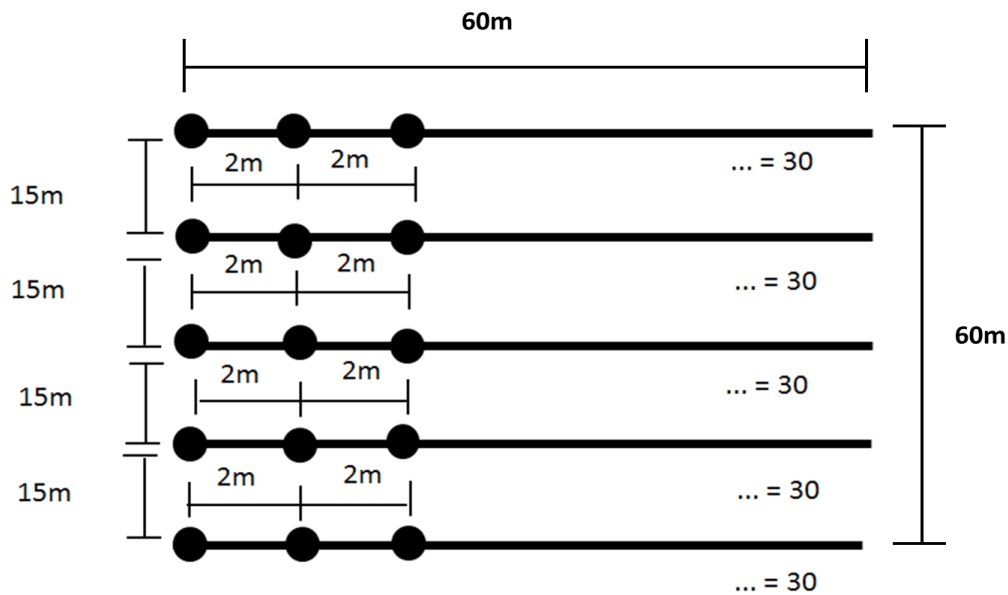


Figura 1. Desenho esquemático representando a estação de coleta estabelecida dentro de cada habitat (pasto, cafezal e mata) ou parcela de 60x60 metros. A parcela foi composta por cinco linhas contendo cada um 30 iscas com soluções (círculos pretos) com soluções de sal, açúcar e água destilada totalizando 150 armadilhas na parcela. As soluções foram colocadas no solo de modo que o total de soluções tivesse a maior distância entre si

c) Análises estatísticas

Primeiramente, foi realizado um teste de Qui-quadrado de proporções esperadas iguais (ZAR 1999) para testar se houve diferença na proporção de iscas visitadas pelas espécies de formigas mais frequentes no estudo (que ocorreram em mais de 10% das iscas).

Para testar a hipótese 1 sobre o efeito dos habitats (cafezal, mata e pasto) sobre a concentração de sódio no solo foi feita uma análise de variância (ANOVA). Foram considerados como unidade amostral dessa análise as amostras de solo (20 amostras por habitat x 15 habitats, $n = 300$). Como dito na metodologia foram tomadas 30 amostras de solo por habitat, no entanto devido a uma alta variação na concentração de sódio apresentada por algumas amostras de solo foram retiradas da análise as cinco amostras de valor mais alto e as cinco de valor mais baixo de todos os habitats estudados, reduzindo-se assim a número de amostras para 20 por habitat ($n = 300$). Para evitar a pseudorreplicação, foi realizada uma análise de modelos mistos utilizando-se o pacote LMER (CRAWLEY, 2013). Para esse modelo a concentração de sódio no solo foi considerada a variável resposta e os habitats como fatores fixos (variáveis explicativas). Já as cidades foram consideradas como fatores de efeito

aleatório no modelo. Para essa análise foi feita uma análise de contraste a posteriori para se definir quais os níveis (habitats) tinham diferenças significativas entre si.

Para analisar se a utilização de sal por formigas é maior nos habitats antropizados do que nos habitats naturais (hipótese 2) foi também utilizado um modelo de ANOVA. Neste caso, como já é esperado para esses tipos de iscas que formigas de solo sejam mais atraídas por iscas de açúcar do que por sal (Kaspari et al. 2008) foi utilizado como variável resposta a razão entre o número de iscas de sal e de glicose visitadas pelas formigas em cada habitat (n = 15 habitats). Assim é esperado que quanto maior for essa razão maior será a preferência de sal pelas formigas. Como variável explicativa foi utilizado o habitat (cafezal, pasto e mata) que foi considerado como fator fixo do modelo. Mais uma vez, para se evitar a pseudorreplicação, foi realizada uma análise de modelos mistos utilizando-se o pacote LMER (CRAWLEY, 2013) e dessa forma as cidades foram consideradas como fatores de efeito aleatório no modelo.

Finalmente, para testar se a utilização de sal por formigas depende ao mesmo tempo da concentração de sódio no solo e do habitat associado foi utilizado um modelo de ANCOVA (hipótese 3). Para esse modelo os habitats foram considerados como a variável explicativa (categórica) e a concentração de sódio no solo como variável explicativa contínua (média das 20 amostras por habitat). Como variável resposta do modelo foi utilizada a razão entre o número de iscas de sal e de glicose visitadas pelas formigas em cada habitat (n = 15 habitats). Por se tratarem de dados contínuos e se adequarem a distribuição normal, foi utilizada distribuição Gaussiana.

Para as análises foi considerado um $\alpha=5\%$ e também todos os modelos foram criticados através de análise de resíduos para checar a adequabilidade do modelo e da distribuição adotados. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software R (R Development Core Team 2011).

RESULTADOS

a) Efeito do uso do solo sobre a disponibilidade de sódio

Houve diferença significativa na concentração média de sódio no solo entre os três habitats estudados ($X^2=28,96$, $gl=2$, $p<<0,001$). Assim como esperado, foi observada uma maior concentração de sódio no solo do cafezal, seguido da pastagem e posteriormente da mata que obteve a menor concentração (Figura 2).

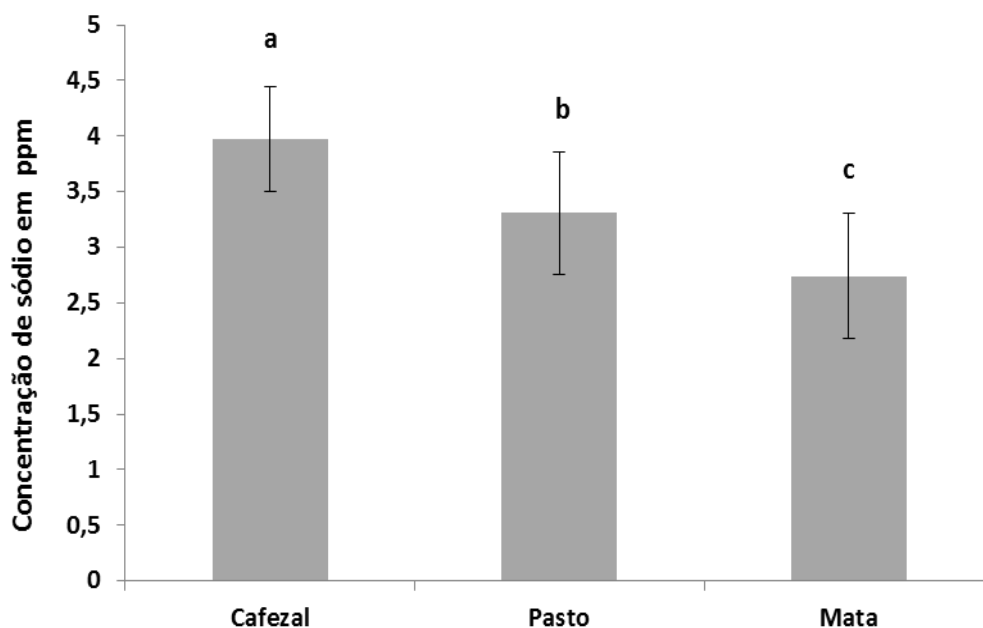


Figura 2. Concentração média de sódio (\pm EP) por habitat. Letras diferentes indicam resultados significativos na análise de contraste ($p < 0.05$).

b) Caracterização da fauna de formigas

Foram coletadas um total de 51 espécies pertencentes a cinco subfamílias e 13 gêneros (Tabela 1). Dentre as cinco subfamílias, as que se destacaram em termos de número de espécies foram Myrmicinae e Formicinae, com 29 e 11 espécies respectivamente, o que corresponde a 80% do total de espécies amostradas em todos os habitats estudados. Pheidole, Camponotus e Solenopsis se mostraram os gêneros mais diversos com (18, 7 e 5 espécies, respectivamente).

Dentre as espécies amostradas, quatro merecem destaque em termos de frequência de ocorrência, pois ao mesmo tempo apareceram em pelo menos quatro das cinco cidades estudadas e em quatro ou mais dos 15 habitats estudados. São elas *Linepithema micans* (cinco cidades e dez habitats), *Camponotus rufipes* (quatro cidades e seis habitats), *Solenopsis* sp. 01 (cinco cidades e onze habitats) e *Solenopsis* sp. 04 (quatro cidades e sete habitats) (Tabela 2). Destaca-se também, que 19 das 51 espécies amostradas foram atraídas tanto por iscas de sal quanto iscas de açúcar (Tabela 2). Porém nesta tabela serão mostrados apenas os habitats e as soluções visitadas pelas formigas.

Tabela 2 – Representação dos “iscas visitadas por formigas” nos habitats: P-pasto, C-cafezal, M-mata e em cada uma das soluções oferecidas S-sal, G-glicose e A-água destilada. A presença das espécies encontradas em cada habitat nas cidades, estão representadas por um X .

Espécies	Pasto			Cafezal			Mata		
	S	G	A	S	G	A	S	G	A
Dolichoderinae									
Dorymyrmex sp.01	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Linepithema micans, Forel, 1908	X	X		X	X		X	X	
Linepithema sp. 01								X	
Ectatomminae									
Ectatomma edentatum, Roger, 1863					X			X	
Ectatomma lugens, Emery, 1894							X		
Ectatomma quadridens, Fabricius, 1793								X	
Formicinae									
Brachymyrmex sp. 01					X				
Brachymyrmex sp. 02		X							
Camponotus sp. 01	X	X		X	X				
Camponotus sp. 02								X	
Camponotus sp. 03				X	X		X	X	
Camponotus sp. 04				X					
Camponotus sp. 05					X				
Camponotus sp. 06									X
Camponotus rufipes, Fabricius, 1775	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nylanderia sp. 01	X	X							
Nylanderia sp. 02	X	X	X						
Nylanderia sp. 03				X	X				
Myrmicinae									
Acromyrmex sp. 01								X	
Acromyrmex sp. 02							X		
Acromyrmex sp. 03							X	X	
Acromyrmex sp. 04							X		
Atta sexdens, Linnaeus, 1758	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Crematogaster sp. 01								X	
Pheidole sp. 01				X			X		

Pheidole sp. 02									X
Pheidole sp. 03	X								
Pheidole sp. 04				X	X	X			
Pheidole sp. 05					X	X		X	X
Pheidole sp. 06			X						
Pheidole sp. 07		X							
Pheidole sp. 08							X	X	X
Pheidole sp. 09	X	X	X				X	X	X
Pheidole sp. 10								X	
Pheidole sp. 11		X							
Pheidole sp. 12								X	
Pheidole sp. 13							X		
Pheidole sp. 14	X	X					X	X	
Pheidole sp. 15					X				
Pheidole sp. 16				X	X		X	X	
Pheidole sp. 17				X	X		X	X	
Pheidole sp. 18				X					
Solenopsis sp. 01	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Solenopsis sp. 02								X	
Solenopsis sp. 03	X	X	X						
Solenopsis sp. 04	X	X		X	X		X	X	
Solenopsis sp. 05					X	X			
Wasmannia auropunctata, Roger, 1863	X	X					X	X	
Ponerinae									
Pachycondyla striata, Smith, 1858		X	X					X	X

Em relação às espécies de formigas mais frequentes no estudo, as espécies que apresentaram uma preferência significativa para as iscas de glicose em relação as de NaCl foram, *Linepithema micans*, *Pheidole sp.4* e *Solenopsis sp.4*. As espécies *Camponotus rufipes*, *Atta sexdens* e *Solenopsis sp.1*, não demonstraram uma preferência significativa por nenhum tipo de isca (Tabela 3).

Tabela 3: Número total de iscas de sal ou de sacarose visitadas por formigas das seis espécies mais frequentes no estudo (formigas que foram encontradas em mais de 10% das iscas).

Subfamília	Espécie	NaCl	Glicose	P valor
Dolichoderinae	Linepthea micans	24	70	P << 0,001
Formicinae	Camponotus rufipes	7	10	P= 0,63
Myrmicinae	Atta sexdens	3	4	P= 0,70
Myrmicinae	Pheidole sp.4	1	15	P <<0,001
Myrmicinae	Solenopsis sp.1	15	32	P =0,01
Myrmicinae	Solenopsis sp.4	5	24	P <<0,001

c) Utilização de iscas de glicose e sal por habitat estudado

Ao contrário do esperado, não houve diferença significativa na razão entre o número de iscas de sal e de glicose visitadas pelas formigas em cada habitat ($X^2=2,67$; gl=2 ; p=0,26), demonstrando que não houve uma utilização diferenciada de sal pelas formigas nos três diferentes habitats estudados.

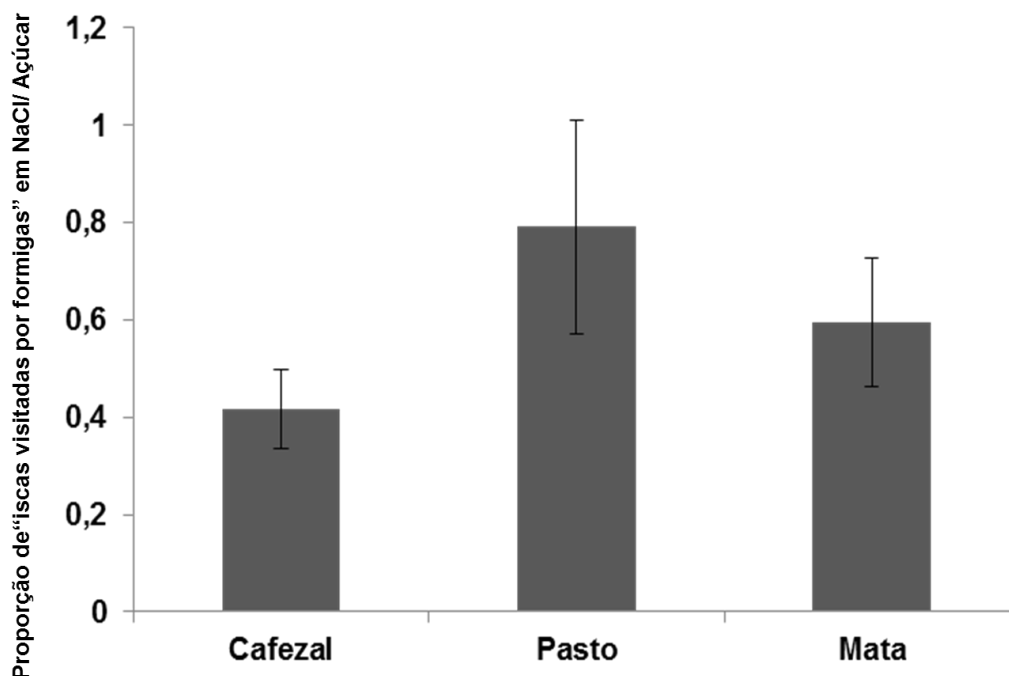


Figura 3. Representação da média entre a razão de “iscas visitadas por formigas” nas soluções de cloreto de sódio por solução de glicose em todos os habitats.

Foi observado que no cafezal, aparentemente há uma maior quantidade de “iscas visitadas por formigas” na glicose do que no sal. Apenas na Mata de Alto Jequitibá, apresenta-se um maior percentual de “iscas visitadas por formigas” na solução de sal. No pasto da cidade citada anteriormente, não houve diferença na utilização de glicose ou sal, apesar de ter sido observado uma maior quantidade de “iscas visitadas por formigas” na solução de glicose. Já na Cidade de Viçosa, o pasto apresentou uma maior utilização de soluções de sal do que nas de glicose. Como determinar a diferença entre as cidades não faz parte dos objetivos do presente trabalho isso não foi testado por meio de testes estatísticos.

d) Relação entre a utilização do sódio nas iscas, a disponibilidade de sódio no solo e habitat estudado

Não houve efeito da concentração de sódio no solo sobre a razão entre o uso de sal e glicose pelas formigas ($F_{1,11} = 2,50$; $p = 0,15$). Da mesma forma, o uso das soluções pelas formigas (razão NaCl:Glicose) não variou em função dos habitats ($F_{2,12} = 1,17$; $P = 0,35$). Da mesma forma não houve uma interação significativa entre os dois fatores apresentados acima ($F_{2,9} = 0,23$; $P = 0,80$; Figura 4).

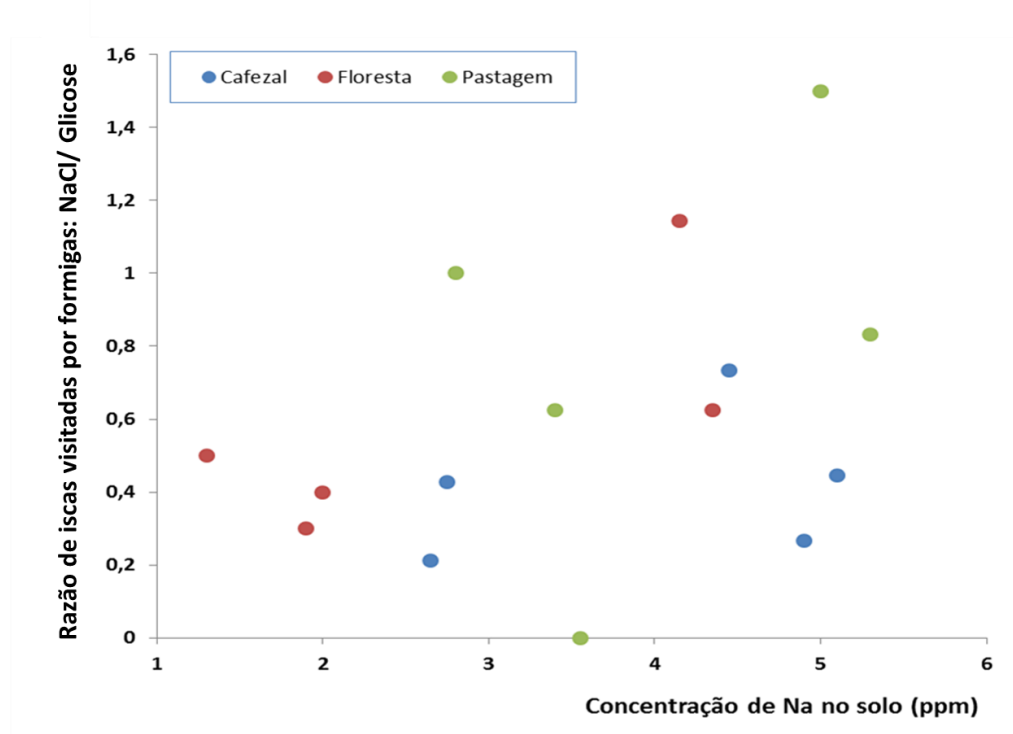


Figura 4. Relação entre a razão do número de iscas de cloreto de sódio e de glicose visitadas por formigas e a concentração de sódio no solo nos três habitats amostrados.

DISCUSSÃO

a) Efeito do uso do solo sobre a disponibilidade de sódio

Como esperado, na primeira hipótese proposta o percentual médio de sódio diferiu significativamente entre os três tipos de habitats (pasto, cafezal e mata). Observou-se, que o cafezal possui uma maior concentração de sódio seguido do habitat de pasto e de mata.

A maior concentração de sódio encontrada no habitat cafezal provavelmente deve-se à prática de adubação. Segundo Van Raij (1996) a inserção artificial de nutrientes é uma prática utilizada em grandes escalas, em praticamente todas as culturas comerciais no país. Especialmente em áreas de plantio de café, os adubos utilizados normalmente apresentam sódio em sua composição (FIGUEIREDO et al. 2007). Dentre os elementos ricos em sódio (Na) contidos na composição desses adubos, destaca-se o Nitrato de sódio (NaNO_3) (PIMENTEL-GOMES et al. 2002). Portanto, esperamos que quanto mais adubado for o solo, maior será a sua concentração de sódio. Sabe-se que em cafezais a adubação é feita em grande escala aplicando-se o adubo diretamente em todos os pés de café (GALLO et al. 1999). No caso do plantio de algodão, côco e algumas culturas de batata, foram demonstrados que a adubação com sódio também pode ser benéfica (COPE et al. 1953). Finalmente, ao promover a adubação das lavouras com esses produtos, é provável que ocorra um aumento na entrada de sódio no solo.

Especificamente para os dados do presente trabalho, de acordo com a entrevista realizada com os proprietários das fazendas de café, foi confirmado que, exceto na cidade de Viçosa, o nitrato de sódio é comumente utilizado como um dos componentes químicos presente nos adubos nessas áreas. Assim, provavelmente esse é um dos fatores que influenciaram na maior concentração de sódio presente nos cafezais em comparação com as pastagens e os cafezais. No caso especial de Viçosa, outros fatores não analisados nesse trabalho podem ter influenciado a maior concentração de sódio no cafezal independentemente da utilização de adubos.

As pastagens estudadas apresentaram um valor intermediário de sódio na composição dos solos, que se mostrou maior que a mata, e menor do que os cafezais. Nessas pastagens observou-se a atividade de bovinocultura extensiva, onde centenas de cabeças de gado dividem alguns hectares de terra. Nesses locais, acredita-se que exista um grande influxo extra de sódio no solo, pois o gado excreta quantidades significativas de sais por meio da urina (ORTOLANI 2002). Além da urina, as fezes do gado também possuem significativas

quantidades de sódio (CASOL et al. 2001; TOKARNIA et al. 2000). Dessa forma, a excreção do gado poderia explicar a maior concentração de sódio encontrada nos pastos quando comparados com as matas. Por outro lado, a amplitude do espalhamento da adubação nos cafezais, em comparação com a excreta pontual do gado nos pastos, possa ter gerado um maior aporte de sódio no solo das plantações de café comparado com as pastagens.

Além disso, a cobertura vegetal também pode ter influenciado os resultados do presente trabalho. Em habitats de cafezal, as copas das plantas, associadas com alguma quantidade de serapilheira e gramíneas no solo, pode dificultar a lixiviação dos nutrientes, como, o sódio, por exemplo. Por outro lado, em pastagens podemos supor que a pequena cobertura vegetal não consiga impedir muito a lixiviação dos nutrientes.

Finalmente, verificou-se que a ação do homem no meio ambiente causou um aumento na concentração de sódio nos habitats antropizados. No entanto, é importante ressaltar que do ponto de vista pedológico essa modificação pode ser considerada pequena (RIBEIRO et al. 2009). Sabe-se que, para ser considerado um solo sódico (solos com alta concentração de sais solúveis ; RIBEIRO 2009) as concentrações de sódio devem ser iguais ou superiores a 15 ppm (USSL STAFF 1954; RIBEIRO et al. 2009). Para o presente trabalho a concentração média de sódio variou entre (2,74 e 3,97 ppm) e por isso é importante ressaltar que as modificações causadas pelo uso do solo para cafezais e pastagens são consideradas pequenas em termos gerais, porém, estatisticamente, foram significativas.

b) Efeito do habitat e da concentração de sódio no solo sobre a utilização de sódio pelas formigas

A despeito das diferenças na concentração de sódio no solo, foi encontrado que a utilização das iscas de sódio (em comparação com as iscas de açúcar) pelas formigas não variou em função dos habitats (cafezal, mata e pasto) e também se mostrou independente da concentração no solo. Podemos sugerir que esse resultado pode ter sido influenciado por quatro fatores principais a serem destacados a seguir:

- **Baixo número de “iscas visitadas por formigas”** - A quantidade de “iscas visitadas por formigas” observada em todos os habitats foi em geral muito baixa, quando comparada a outros trabalhos (KASPARI et al. 2008, 2009 e 2010).

Neste trabalho a média global de “iscas visitadas por formigas” foi 15%, enquanto em trabalho realizado por Kaspari et al. (2008) em diferentes locais das Américas, a média foi superior a 40%. Um dos fatores de fundamental importância para um organismo ser um bom indicador de restrição de elementos, seria a sua abundância, como consequência, a utilização destes organismos onde os mesmos são raros, é um fator que pode dificultar a obtenção de resultados coerentes. Neste trabalho, por fatores climáticos tais como invernos longos e rigorosos (temperaturas mínimas de 8° C.) e estações secas com grande duração (ausência de chuvas por até 6 meses), foram fatores importantes para explicar a pequena quantidade de formigas encontradas. Portanto neste caso, formigas não foram ideais para explicar a dinâmica do sódio no ecossistema, assim como restrição deste elemento na natureza.

- **Baixa concentração de sódio comparado a solos sódicos** - como já foi discutido, apesar de serem observadas diferenças significativas, o teor de sódio encontrado nos solos dos habitats pode ser considerado baixo do ponto de vista pedológico. Aparentemente, os usos do solo estudados aqui causaram um baixo aumento na concentração de sódio (veja discussão acima). Foi visto que, os locais de estudo estão em praticamente a uma mesma distância das costas oceânicas, e a diferença de sódio nestes locais não diferem entre si. Portanto, mesmo que a ação antrópica tenha modificado a quantidade de sódio nos solos, essa modificação foi pequena, e provavelmente, as formigas nestes habitats não foram sensíveis às diferenças de sódio encontradas. Independente dos habitats, as formigas não demonstraram um padrão de preferência pelas soluções oferecidas.

Nos locais de estudo, a concentração de sódio foi em média entre 2 e 4 ppm. Nos solos próximos das costas oceânicas, considerados sódicos, observa-se algo acima de 15ppm (RIBEIRO et al. 2009). Em escalas espaciais maiores KASPARI et al. (2008), demonstrou que em locais com maior disponibilidade de sódio e mais próximos ao oceano, as formigas utilizam mais glicose, enquanto, em locais com menor quantidade de sódio, as formigas tenderiam a uma maior busca de soluções salinas em relação a glicose. Então, observou-se que em escalas espaciais pequenas, não são visíveis grandes alterações na quantidade de sódio, mesmo quando existe influxo de sódio via ação antrópica. Vale ressaltar que estes resultados estão de acordo com a teoria da estequiometria ecológica (STEINER e ELSER 2002) explicada anteriormente.

- **Possível dissociação da preferência das formigas pela quantidade de sal no solo e a utilização pelas formigas** - Outro ponto importante é a falta de conhecimentos detalhados sobre a relação da quantidade de sódio nos solos e a forma de utilização deste pelas formigas. DUDLEY (2012) demonstrou que alguns mamíferos e aves, utilizam sais contidos no solo ou em rochas, dependendo do habitat. Estes animais devido à carência de sódio em sua alimentação recorrem a geofagia ou ao lambar de rochas, para obterem sódio. Em relação às formigas, não foram encontrados estudos de utilização do sódio diretamente do solo, portanto, mesmo se houvesse quantidades significativas de sódio nos solos estudados, não se saberia ao certo se formigas poderiam absorvê-lo de alguma forma.
- **Ausência de limitação de sódio nos três habitats** - Podemos salientar também que as formigas nos três habitats estudados não poderiam não ser limitadas por sódio. Isso aconteceria, pois a disponibilidade de presas nos três habitats, seriam suficientes para suprir essa limitação de sódio em sua alimentação. Um ponto importante a se ressaltar é o fato das formigas encontradas, segundo KASPARI et al. (2008), fazerem parte da teia alimentar marrom, que seriam formigas com hábitos carnívoros/onívoros, por isso, essas formigas conseguiriam um maior suplemento de sódio alimentar ao se alimentarem de outros animais.

Em relação à composição de espécies de formigas, nos três habitats, não houve um padrão de uso preferencial dos habitats e soluções. Além da baixa procura pelas iscas, a composição da fauna entre os habitats e soluções é bastante similar. Esse fato por si só já demonstra que formigas não se mostraram bons indicadores no presente estudo. No presente trabalho era esperado que algumas espécies teriam afinidades diferenciadas pelas iscas nos diferentes habitats. Ao contrário disso a maioria das espécies forrageou em ambas as iscas e nos diferentes habitats.

Além disso, quando comparamos as quatro espécies mais abundantes, foi observado que em apenas *Camponotus rufipes* houve uma preferência na utilização de iscas de sal em comparação às iscas de glicose. Uma possível explicação seria o fato de a espécie *Camponotus rufipes* pertencer à teia alimentar verde, essa teia abrange espécies com hábitos alimentares herbívoros/onívoros (KASPARI 2008). Os animais pertencentes a esta teia, possivelmente tem um déficit de sódio em sua dieta, por se alimentarem de vegetais, uma vez que a quantidade de sódio presente em vegetais seria de 100 a 1000 vezes menor do que em animais (MARSCHNER 1995). Este fator

explicaria o fato da espécie *Camponotus rufipes* apresentar uma preferência por iscas de sal. Em relação às outras três espécies abundantes (*Linepithema micans*, *Solenopsis* sp.01 e *Solenopsis* sp.04), não houve resposta às mudanças na concentração de sódio. Estas espécies, pertencem a teia alimentar marrom, que segundo KASPARI (2008), os animais pertencentes a essa teia, tem o hábito alimentar carnívoro/onívoro. Creditando-se que elas obtêm uma quantidade de sódio suficiente em sua alimentação, por se alimentarem de outros animais que tem em sua biomassa quantidades superiores de sódio. Este poderia ter sido um fator para que, estas formigas apresentassem preferência por iscas de glicose, pois o sódio, possivelmente não é limitante em suas dietas.

CONCLUSÃO

Em relação às implicações do presente trabalho, houve aumento da concentração de sódio nos solos estudados, a ação antrópica nos solos foi um dos importantes fatores responsáveis por este aumento. Entretanto, é importante ressaltar que o aumento deste sódio nos solos, apesar de ser significativo estatisticamente, em termos práticos a diferença deste sódio entre ambientes antropizados e ambientes naturais é pequena. Além disso, principalmente se compararmos as quantidades de sódio destes solos antropizados com solos sódicos ou solódicos, o aumento observado do teor de sódio mostra pouco expressivo (RIBEIRO et al. 2009). Em termos práticos, com o passar do tempo, se a concentração de sódio no solo continuar aumentando, vários problemas podem ser gerados, como a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão e inclusive contaminação de lençóis freáticos. Nas plantas, os efeitos do NaCl no solo, implicam na perda de produtividade ou até mesmo, perda total da produção, além de impossibilitar o crescimento da maioria das espécies vegetais (DIAS et al 2010).

Em relação às formigas, ao contrário de alguns estudos anteriores (KASPARI et al. 2008 e 2009) mesmo em habitats naturais onde a concentração de sódio se mostrou menor, não houve um aumento da preferência pelas soluções de sal pelas formigas. Por este motivo, podemos sugerir que para os habitats estudados, as diferenças da concentração de sal foram praticamente imperceptíveis às formigas coletadas. Para o presente estudo três possíveis

fatores são apontados como principais: Baixo número de “iscas visitadas por formigas”; Possível dissociação da preferência das formigas pela quantidade de sal no solo e a utilização pelas formigas; Baixa concentração de sódio comparado a solos sódicos; e Ausência de limitação de sódio nos três habitats. Finalmente, fazem-se necessários mais estudos, principalmente abordando diferentes tipos de usos do solo, que tentem investigar o efeito da antropização sobre a dinâmica de nutrientes e seu respectivo efeito sobre as comunidades naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, W.A.P.; FERNANDES FILHO, E.I.; MIRANDA, L.H.F. & RAMILO, G.A.I. Levantamento de solos e aptidão agrícola das terras do município de Ubá – MG. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa/Prefeitura de Ubá, 136p. 2000.
- ANGER,G.; HALSTENBERG, J.; KLAUS,K. SCHERHAG,C.; KORALLUS,U.; KNOPF,H., SCHMIDT,P.; OHLINGE,M. **Chromium Compounds**. In **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. Wiley-VCH, 2002. DOI:10.1002/14356007.a07_067. 2005.
- BANNINK, A.; VALK, H.; VAN VUUREN, A. M. Intake and excretion of sodium, potassium, and nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 82, n. 5, p. 1008-1018, 1999.
- BENITES, Vinícius de Melo. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata Mineira. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 125p. **Tese de Doutorado**. Tese de Mestrado. 1998.
- BIHN, H. J., Verhaagh, M., Brandl, R. 2008. Ecological stoichiometry along a gradient of forest succession: Bait preferences of litter ants. **Biotropica**. 40, 597-599.
- BOTKIN, D. B. et al. Sodium dynamics in a northern ecosystem. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 70, n. 10, p. 2745-2748, 1973.
- CASSOL, P. C.; GIANELLO, C.; COSTA, V. E. U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 25, p. 635-644, 2001.
- COLEY, P.D.; J. B. BRYANT. e F.S. CHAPIN.; Resource Availability and Plant Antiherbivore Defense. **Science**, 230:895-899. 1985.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE Conama (1994), RESOLUÇÃO Nº 29, DE 07 DE DEZEMBRO DE 1994, Art. 2º
- COPE, J.T. (JR); BRADFIELD,R. & PEECH,M. Effect of sodium fertilization on yeld and cation content of some field crops. **soil Science Society of America Journal**, 76:65-74.1953
- CRAWLEY, M. J. The R book. 2nd edition, John Wiley and Sons, **Chichester, UK**. 2013.
- CROMACK F.J.; in The Role of Arthropods in Forest Ecosystems, edMattsonWJ. (**Springer-Verlag, New York**), pp 78–84. 1977

- DA SILVA, J.JR F.; WILLIAMS, R. J. P. The biological chemistry of the elements: the inorganic chemistry of life. **Oxford University Press**, 2001.
- DIAS, N. da S.; BLANCO, Flávio F. Efeitos dos sais no solo e na planta. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal**, p. 129-141, 2010.
- DUDLEY, R.; KASPARI, M.; YANOVIK, S. P. Lust for salt in the Western Amazon. **Biotropica**, v. 44, n. 1, p. 6-9, 2012.
- ELSER, J.J.; R.W. STERNER; E. GOROKHOVA; W.F. FAGAN; T.A. MARKOW; J.B. COTNER; J.F. HARRISON; S.E. HOBBIE; G.M. ODELL & L.J. WEIDER. Biological stoichiometry from genes to ecosystems. **Ecology Letters**, 3: 540–550. 2000.
- FIGUEIREDO, F. C., NETO, A. E. F., GUIMARÃES, P. T. G., DE BARROS SILVA, E., BOTREL, P. P. Eficiência da adubação com NPK na produção de cafezais adensados na Região Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 1, n. 2, p. 135-142, 2007.
- GALLO, P. B., RAIJ, B. V., QUAGGIO, J. A., PEREIRA, L. C. E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. **Bragantia**, v. 58, n. 2, p. 341-351, 1999.
- GOUDIE, A. S.; The human impact on the natural environment: past, present, and future. **John Wiley & Sons**, 2013.
- HERNÁNDEZ, A. L. M., TODD, E. V., MILLER, G. A., FREDERICKSON, M. E. Salt intake in Amazonian ants: too much of a good thing? **Insectes Sociaux** 59, 425–432. 2012.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY 2011 (IUPAC)
- JENNINGS, D. H. Halophytes, succulence and sodium in plants a unified theory. **New Phytologist**, v. 67, n. 4, p. 899-911, 1968.
- KASPARI, M.; CHANG, C.; WEAVER, J.. Salted roads and sodium limitation in a northern forest ant community. **Ecological Entomology**, v. 35, n. 5, p. 543-548, 2010.
- KASPARI, M.; YANOVIK, S. P.; DUDLEY, R.. On the biogeography of salt limitation: A study of ant communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 46, p. 17848-17851, 2008.
- KASPARI, M.; YANOVIK, S. P.; DUDLEY, R.; YUAN, M., & CLAY, N. A. Sodium shortage as a constraint on the carbon cycle in an inland tropical rainforest. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106(46), 19405-19409. 2009

- LOGAN, M. Biostatistical design and analysis using R: a practical guide. **Wiley- Blackwell, United Kingdom**. 2010.
- LOLADZE, I. e KUANG, Y.; Stoichiometry in Producer–Grazer Systems: Linking Energy Flow with Element Cycling. **Bulletin of Mathematical Biology**, 62, 1137–1162. 2000.
- LOTKA, A.J. Elements of physical Biology. **Williams & Ilhins company, Baltimore**. 1925.
- MARSCHNER H. Mineral Nutrition in Higher Plants (**Academic Press, San Diego**).1996
- MCGEOGH, M. A.; The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, v. 73, n. 2, p. 181-201, 1998.
- MEYER. S.T.; F. ROCES e R. WIRTH. Selecting the drought stressed: effectss of plant stress on intraspecific and within-plant herbivory patterns of the leafcutting ant *Atta colombica*. **Functional Ecology** , 20:973-981. 2006.
- MORTH, J. P., PEDERSEN, B. P., TOUSTRUP-JENSEN, M. S., SØRENSEN, T. L. M., PETERSEN, J., ANDERSEN, J. P., & NISSEN, P. Crystal structure of the sodium–potassium pump. **Nature**, 450(7172), 1043-1049. 2007.
- MOSKOWITZ, H.; ZLOTKIN, E.; GORDON, D. Solubilization and characterization of the insect neuronal sodium channel. **Neuroscience letters**, v. 124, n. 2, p. 148-152, 1991.
- ORTOLANI, E. Diagnóstico de doenças nutricionais e metabólicas por meio de exame de urina em ruminantes. **Avaliação Metabólico Nutricional de Vacas Leiteiras por meio de Fluídos Corporais**, p. 18, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F.; MALAVOLTA, E.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**.p.75-90. NBL Editora SA, 2002.
- PORTUGAL, A. F.; COSTA, O.D.V.; COSTA, L. M.. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira **Revista Brasileira de ciência do solo** v. 34, p. 575-585, 2010.
- PROFERT: programa interlaboratorial de controle de qualidade de análise do solo do estado de Minas Gerais.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria**. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.2011.

- RESASCO, J., PORTER, S. D., SANDERS, N. J., LEVEY, D. J. Assessing the effects of sodium on fire ant foraging in the field and colony growth in the laboratory. **Ecological Entomology** 1-5.2013.
- REZENDE, S.B. & RESENDE, M. Solos dos mares de morros: Ocupação e uso. In: ALVAREZ V., V.H., FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F., eds. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal de Viçosa**, p.261-289. 1996.
- RIBEIRO, M.R.; BARROS, M.F.C.; FREIRE, M.G.B.S.; Química dos solos salinos e sódicos in: **Química e mineralogia dos solos**, parte II. SBCS.2009.
- ROCES, F.; Both evaluation of resource quality and speed of recruited leafcutting ants (*Acromyrmex lundii*) depend on their motivational state. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 33: 183–189. 1993.
- SKULACHEV, V. P. The sodium cycle: a novel type of bacterial energetics. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes**, v. 21, n. 6, p. 635-647, 1989.
- SPIERS, J. M. Potassium and sodium fertilization affects leaf nutrient content and growth of ‘Shawnee’ blackberry. **Journal of plant nutrition**, v. 16, n. 2, p. 297-303, 1993.
- STERNER, R.W. & ELSER, J. J. 2002. **Ecological Stoichiometry**. Princeton University Press, New Jersey.
- STUEBER, A. M., e GOLES, G. G. Abundances of Na, Mn, Cr, Sc and Co in ultramafic rocks. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 31(1), 75-93. 1967.
- SURESH, B., e KAZUTERU, Y. Sodium sulfate. **Zurich: Chemical Economic Handbook, SRI Consulting**, 771. 2006.
- TILMAN, D.; Resource competition and community structure. Princeton **University Press, New Jersey**. 1982.
- TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 127-138, 2000.
- TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S.M.B.; MELFI, A. Intemperismo e formação do solo. **Decifrando a Terra. Oficina de textos, São Paulo**, p. 139-166, 2000.

- UNITED STATES SALINITY LABORATORY – USSSL STAFF. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **Washington, U.S. Department of Agriculture**, 160 p. 1954.
- VAN RAIJ B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Governo do Estado, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, p18-28. 1996.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. **Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.
- WILLIAMS, R.J.P. e FRAÚSTO DA SILVA, J.J.R. The chemistry of evolution. Elsevier, Oxford and Lisbon, UK and Portugal. 481p. WILSON, O.. **The insect societies** 1971. 2005.
- WILLIAMS, R.J.P. Natural selection of the chemical elements. **Proceedings of the Royal Society of London**. 213, 361-397. 1981.
- WINK, C.;GUEDES, J. V.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.
- ZAR, J. H. Biostatistical analysis. **5th Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA**, 960 p. 2010.