



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP  
REPOSITÓRIO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E INTELLECTUAL DA UNICAMP

**Versão do arquivo anexado / Version of attached file:**

Versão do Editor / Published Version

**Mais informações no site da editora / Further information on publisher's website:**

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18202>

**DOI: 0**

**Direitos autorais / Publisher's copyright statement:**

©2014 by Universidade Federal de Uberlândia. All rights reserved.

DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

Cidade Universitária Zeferino Vaz Barão Geraldo

CEP 13083-970 – Campinas SP

Fone: (19) 3521-6493

<http://www.repositorio.unicamp.br>

# METAIS POLUENTES E MICRONUTRIENTES EM SOLOS, SOB PECUÁRIA LEITEIRA EM SISTEMA DE PASTEJO DIRETO, NO ALTO DA BACIA DO RIO PARANAÍBA, GOIÁS, BRASIL

## *HEAVY METALS AND MICRONUTRIENTS IN SOILS UNDER DAIRY GRAZING RIGHT ON TOP OF THE RIVER PARANAÍBA BASIN IN THE STATE OF GOIÁS, BRAZIL*

**Gisele Carneiro da Silva TEIXEIRA<sup>1</sup>; Alfredo Borges DE-CAMPOS<sup>2</sup>; Cleonice ROCHA<sup>3</sup>; Sueli Martins de Freitas ALVES<sup>4</sup>; Affonso Celso GONÇALVES JR<sup>5</sup>**

1. Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil. gisele.agronomia@hotmail.com; 2. Professor, Doutor, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, Brasil; 3. Professora, Doutora, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Departamento de Matemática e Física, Goiânia, GO, Brasil; 4. Professora, Doutora, Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis, GO, Brasil; 5. Professor, Doutor, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil.

**RESUMO:** A preocupação quanto à contaminação do ambiente por meio da atividade leiteira está relacionada ao fato dos dejetos destes bovinos apresentarem metais poluentes em sua constituição; na criação desses animais no sistema de pastejo direto questiona-se a possibilidade da ocorrência de contaminação por estes metais nas aguadas, área onde esses animais se aglomeram em determinados períodos do dia para beberem água e onde defecam. O presente estudo objetivou avaliar os teores dos metais cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, chumbo e cromo em áreas de aguadas e em áreas preservadas (testemunha) de 28 propriedades, agrupadas em seis Ottobacias hidrográficas formadoras do alto da bacia do Rio Paranaíba, no Estado de Goiás. As amostras simples de solos foram coletadas em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm), a partir destas foram obtidas uma amostra composta para cada profundidade nas áreas de aguadas e preservadas. Pela análise de PCA os metais poluentes analisados nos solos de aguada não indicou a ocorrência de contaminação nestes ambientes quando comparados à área preservada. A distribuição aleatória dos teores médios dos metais nas três profundidades estudadas em todos os tratamentos dificulta a definição do potencial de contaminação do solo pelos dejetos originados da atividade leiteira em áreas de aguadas, sob pastejo direto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dejetos. Contaminação do solo. Solos tropicais. Ottobacias. Gado leiteiro.

### INTRODUÇÃO

Á degradação ao meio ambiente ocasiona o esgotamento dos recursos naturais, em virtude disto, as atividades humanas que podem resultar em contaminação ao ambiente tem se tornado uma preocupação científica.

O Brasil é um dos maiores produtores de leite do mundo, atrás somente dos EUA, Índia, China, Rússia e Alemanha (IBGE, 2011). A pecuária leiteira é praticada em todo o território nacional e devido às diferenças das condições edafoclimáticas do país observa-se adaptação da atividade às peculiaridades regionais, isso leva a existência de diversas formas ou modelos de pecuária leiteira, as quais se concentram em maior número nas regiões Sudeste e Sul. Nos últimos anos esta atividade tem crescido significativamente na região Centro-Oeste, com destaque para o estado de Goiás, que atualmente é o segundo produtor nacional com produção de mais de dois bilhões de litros de leite (IBGE, 2009).

Neste contexto, a primeira microrregião no ranking de produção no estado é a bacia do rio Meia

Ponte, com destaque para os municípios de Piracanjuba e Morrinhos ( $90.033 \times 10^3$  e  $74.613 \times 10^3$  litros/ano, respectivamente), com rebanho leiteiro de 1.280.600 cabeças, onde predomina atualmente o sistema de exploração tradicional – extensivo com emprego de baixo nível tecnológico na atividade (SEPIN, 2009). O aumento desse rebanho e da concentração da atividade pecuária sob pastejo direto ao longo dos anos têm levado a um acréscimo do volume de dejetos produzidos, podendo ocasionar, a contaminação do solo.

A contaminação por metais poluentes, como o cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, chumbo e cromo dentre outros presentes nos dejetos bovinos, tem sido uma preocupação, visto serem estes potencialmente poluidores, em virtude de se acumularem no solo. Em trabalho conduzido por Nicholson et al. (1999) constatou-se que as concentrações dos metais Cu ( $50 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa seca) e Zn ( $180 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa seca) em dejetos de gado leiteiro foram maiores que as concentrações dos dejetos de gado de corte, que continham  $25 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cu e  $107 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn na massa seca, o que se deve provavelmente a uso de suplementos

minerais para o gado leiteiro enriquecido com estes metais. Já para os demais metais (As, Cd, Cr, Ni e Pb), para ambos os sistemas de criação, as concentrações foram inferiores a  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa seca.

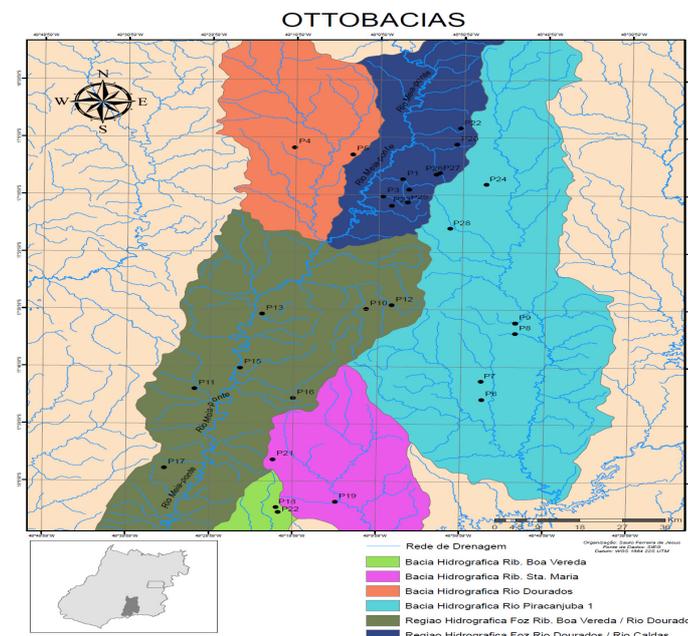
Em geral, os estudos desenvolvidos em sistema de pastejo direto assumem que as taxas de produção e distribuição de nutrientes no campo provenientes de fezes de bovinos são homogêneas (MCGECHAN; TOPP, 2004) desconsiderando, portanto, as especificidades dos diferentes ambientes presentes na propriedade. Sabe-se que em sistema de pastejo direto há fontes locais com alto potencial poluidor, aguadas, baias e bebedouros, que devem ser considerados numa análise mais detalhada da contribuição dos excrementos bovinos para a poluição do solo e água (OLIVER, 1997; BYERS et al., 2005). Estudos sobre metais poluentes em dejetos bovinos nacionais são escassos, sendo encontrados apenas na literatura internacional. Wijewardena e Gunaratne (2004), estudaram a concentração de metais em diferentes dejetos, entre eles os de bovinos, cujos teores de Cu, Cd, Fe, Mn, Pb e Zn foram respectivamente de 16,0; 2,6; 3418,0; 197,0; 13,1 e  $50,3 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os autores do estudo concluíram que, apesar das concentrações dos metais nos dejetos serem consideradas baixas, o monitoramento do acúmulo destes elementos no

solo deve ser realizada com frequência, já que a deposição contínua destes pode acarretar a contaminação ambiental dos solos. Com base na literatura consultada, observa-se que estudos investigativos sobre os efeitos acumulativos dos dejetos de bovinos em sistema de pastejo direto em meio ambiente tropical são inexistentes, havendo assim necessidade de geração de conhecimentos nessa temática.

Este trabalho teve por objetivo avaliar os teores dos metais poluentes Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr em áreas de aguadas e preservadas, sob atividade leiteira em sistema de pastejo direto, localizadas em seis ottobacias no alto da bacia do Rio Paranaíba, no estado de Goiás.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo localizou-se em 28 propriedades localizadas no alto da bacia do Rio Paranaíba no Estado de Goiás, nas sub-bacias do Ribeirão Boa Vereda, Rio Santa Maria, Rio Dourados, Rio Piracanjuba, Foz Rio Boa Vereda/Rio Dourados, Foz Rio Dourados/Rio Caldas (Figura 1). De acordo com os pontos amostrados, estas foram divididas em Ottobacias conforme classificação de Otto Pfafstetter (1989), cujas abreviações de descrição são mostradas na Tabela 1.



**Figura 1.** Mapa da localização das propriedades em seis Ottobacias no alto da bacia do rio Paranaíba localizadas no estado de Goiás: Ribeirão Boa Vereda, Rio Santa Maria, Rio Dourados, Rio Piracanjuba, Foz Rio Boa Vereda/Rio Dourados, Foz Rio Dourados/Rio Caldas.

**Tabela 1.** Significado das abreviaturas das identificações das Ottobacias Ribeirão Boa Vereda, Rio Santa Maria, Rio Dourados, Rio Piracanjuba, Foz Rio Boa Vereda/Rio Dourados, Foz Rio Dourados/Rio Caldas.

Abreviatura	Ottobacia
BHRD1	Bacia hidrográfica Rio Dourados área de aguada
BHRD2	Bacia hidrográfica Rio Dourados área preservada
BHRP1	Bacia Hidrográfica Rio Piracanjuba área de aguada
BHRP2	Bacia Hidrográfica Rio Piracanjuba área preservada
BVRD1	Foz do Rib. Boa Vereda / rio dourados área de aguada
BVRD2	Foz do Rib. Boa Vereda / rio dourados área preservada
BHRB1	Bacia Hidrográfica Rio Boa vereda área de aguada
BHRB2	Bacia Hidrográfica Rio Boa vereda área preservada
BHRS1	Bacia hidrográfica Rib. Santa Maria área de aguada
BHRS2	Bacia hidrográfica Rib. Santa Maria área preservada
BHRC1	Bacia Hidrográfica foz Rio Dourados / Rio Caldas área de aguada
BHRC2	Bacia Hidrográfica foz Rio Dourados / Rio Caldas área preservada

O clima predominante nas Ottobacias estudadas de acordo com a classificação de Köppen, é Tropical chuvoso, como Aw-savana, característico dos climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas seca no inverno e úmida no verão, com precipitação média anual variando de 1.200 mm a 1800 mm (SEPIN, 2009). Ao longo da bacia, ocorre grande variedade de solos, entretanto, predomina os Latossolos que caracterizam-se como solos profundos, de boa drenagem, baixa fertilidade natural, intemperizados, sem impedimentos físicos, e boa permeabilidade e drenagem.

Essa técnica, conhecida pelo nome de Ottobacia, baseia-se na topologia da rede e na área de drenagem das bacias hidrográficas e esta sendo amplamente adotada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). A compartimentação do estado de Goiás em bacias hidrográficas, de acordo com esta metodologia, foi realizada pela SIC/SGM no ano de 2001 utilizando-se cartas topográficas do IBGE na escala 1:250.000 e formato analógico, sobre as quais foram traçadas as linhas dos divisores de água, ligando os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada. Este conjunto de bacias está disponível em formato *shapefile*, através do portal SIEG, em sistema de coordenadas geográficas e *datum* horizontal SAD-69.

Nestas seis Ottobacias foram amostrados solos em propriedades que deveriam atender os seguintes pré-requisitos: o produtor deveria ser agricultor familiar de acordo com a definição do Programa Nacional de Valorização da Agricultura Familiar (PRONAF), ter como principal atividade na propriedade a criação de gado leiteiro, ter

aguadas localizadas em suas terras, preferencialmente em riachos de primeira ordem ou segunda ordem, bem como a presença de áreas preservadas.

As amostragens de solo foram realizadas nos meses de agosto, setembro e outubro de 2009. Primeiramente foram localizadas e georeferenciadas com a utilização de um equipamento do tipo GPS (Global Positioning System), as aguadas e as áreas preservadas (área de perfil pedológico não perturbado) considerada como testemunha em cada propriedade. Posteriormente, a esta localização, as áreas de aguadas foram em seus extremos divididas em quatro pontos equidistantes e um centro geométrico, os quais foram amostrados nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm com um trado tipo caneca para obtenção das amostras simples de solo. As amostras simples das áreas preservadas também foram obtidas com a amostragem de cinco pontos para as três profundidades, localizados na região central destas áreas. As amostras simples obtidas nos cinco pontos e em cada profundidade foram homogeneizadas em um balde, deste foram retirados cerca de 300 gramas, os quais constituíram a amostra composta de cada profundidade e área, as amostras compostas foram enviadas ao laboratório. Em cada propriedade foram obtidas seis amostras compostas, totalizando 168 amostras compostas de solo nas 28 propriedades amostradas.

Amostras de solo enviadas ao laboratório foram imediatamente secas ao ar, e posteriormente peneiradas em peneira 2 mm, resultando em terra fina seca ao ar (TFSA) e submetidas às análises

químicas e física. As concentrações pseudototais, dos metais poluentes Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Cr e Al, foram obtidas pela digestão ácida do solo, pelo método EPA 3050B. A leitura do extrato líquido das amostras digeridas foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica em chama do modelo GBC 932 AA.

Foram determinados também os valores de pH em água, a textura das amostras foi feita pelo método de Bouyoucos (método do densímetro), conforme o Manual de Métodos e Análises Químicas de Solos (EMBRAPA, 1999). A determinação da matéria orgânica foi realizada por um método colorimétrico desenvolvido por Quaggio e Raij (1979).

O software utilizado para realizar a análise estatística dos dados referentes às características avaliadas nos solos foi o Statística 7. Aplicou-se, o método estatístico multivariado, por meio da técnica de análise dos componentes principais (PCA), a denominação "Análise Multivariada" corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos por Neto (2004). Alvarenga e Davide (1999) consideram que a PCA sintetiza a variação multidimensional dos dados, ordenando-os nos eixos do diagrama de acordo com a similaridade das variáveis consideradas, tem como finalidade a redução de dados obtidos, através de combinações lineares das variáveis originais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### PCA - profundidade de 0-10 cm

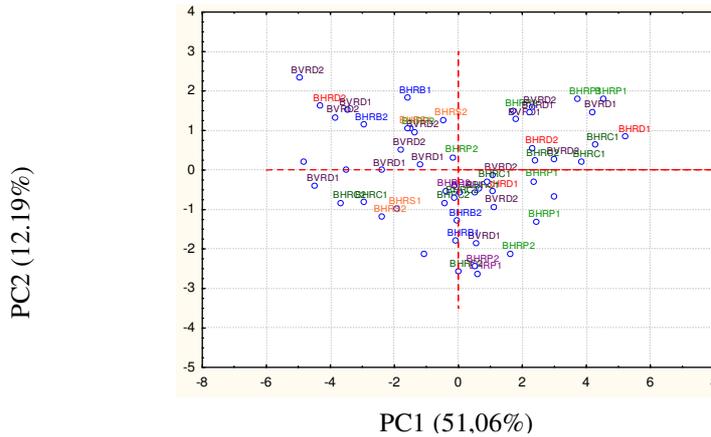
Aos dados obtidos das propriedades pertencentes a cada ottobacia, foi ajustado a Análise de Componente Principal (PCA), objetivando demonstrar se havia tendência dos teores dos metais poluentes se concentrarem mais nos solos das áreas de aguadas em relação aos solos de área preservada, ou seja, se havia indicação das concentrações destes elementos terem sido influenciados pela atividade leiteira nestas áreas. Os teores de metais poluentes, de matéria orgânica, pH e a textura do solo foram avaliados pela técnica de PCAs proveniente de 56 amostras (*scores*) para a profundidade de 0-10 cm nas Ottobacias estudadas. Foram avaliadas 13 variáveis (*loads*), que geraram 12 componentes principais que explicam 100% da variância total acumulada dos tratamentos testados, propiciando a obtenção de informações pormenorizadas que contribuíram para explicar o comportamento destas variáveis nos solos sob atividade leiteira.

As duas primeiras componentes principais explicam a maior parte da variância total do conjunto de dados PC1 (51,06%) e PC2 (12,19%) juntas, somam 63,25% da variação total, este comportamento foi confirmado por Moura et al. (2006) e por Pereira et al. (2010).

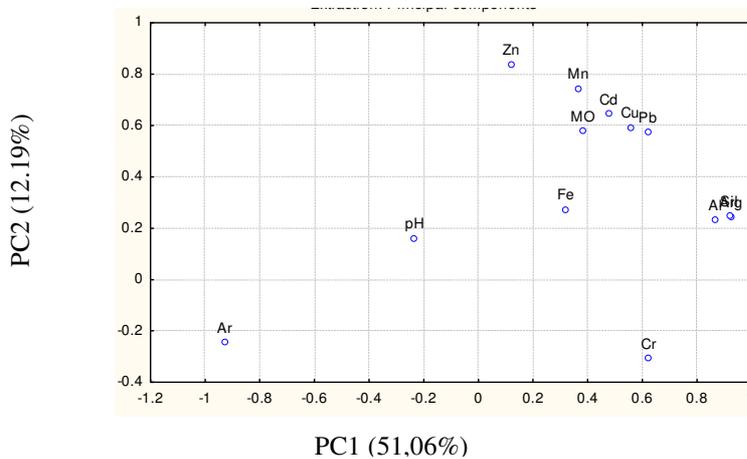
Os escores entre a PC1 e a PC2 (Figura 2) discriminam os grupos de acordo com os diferentes tratamentos, ou seja, o posicionamento dos pontos amostrais dos tratamentos constituídos pelas Ottobacias estudadas, cujo significado das abreviaturas encontra-se em apêndice (Tabela 3). Observa-se, que tanto no eixo horizontal (PC1) como no eixo vertical (PC2), não há informações relevantes sobre a variância dos dados, uma vez que os pontos amostrais encontram-se dispersos para todos os tratamentos. Grande parte destes pontos encontram-se difusos (misturados), como se estivessem sobrepostos, formando um grande grupo, concentrado na parte negativa do eixo da PC2 e parte do PC1. Vale destacar que quanto mais próximos os escores estiverem do eixo do plano cartesiano, menor é sua contribuição para explicar o fenômeno; em contrapartida quanto maior a distancia do eixo, maior a sua contribuição. Assim, quanto ao ambiente estudado (aguada e área preservada) dentro de cada Ottobacia, pode-se observar que também houve uma distribuição aleatória entre PC1 e PC2 (Figura 2).

A localização dos *loadings* das PC's 1 e 2, em que cada valor adquirido, estes varia de 1 a -1, que influencia a distribuição espacial dos pontos no gráfico (Figura 3). No presente trabalho, este valor será considerado significativo acima de 50%. Para Correia e Ferreira (2007), valores elevados para os pesos dos *loadings* indicam altas correlações, enquanto baixos valores, situação contrária. Em adição, pode-se dizer que ao aplicar a estatística multivariada na análise dos dados, deve-se interpretar a distribuição dos pontos no gráfico de componentes principais e identificar as variáveis originais com maior peso na combinação linear das PC's mais importantes, pois quanto maior o peso melhor a representação da variável na formação do gráfico.

A localização dos *loadings* gerados entre as PC1 x PC2 ressalta a contribuição das variáveis poluentes na tendência da formação dos grupos para as amostras (Figura 3). O eixo horizontal - PC1 contribuiu para a formação de um grupo específico na parte positiva, constituído pelos *loadings* Al, argila e silte.



**Figura 2.** Distribuição dos escores das Componentes Principais (PC1 x PC2) no plano cartesiano, indicando os pontos amostrais de solos coletados na profundidade de 0-10cm nas seis Ottobacias estudadas formadoras da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás, sob ambiente de aguada e área preservada.



**Figura 3.** Posicionamento dos *loadings* das Componentes Principais, PC1 x PC2, no plano cartesiano, indicando a distribuição de areia, silte, argila, matéria orgânica, Fe, Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Zn e Al analisados na profundidade de 0-10cm nas seis Ottobacias estudadas formadoras da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás.

No tocante, ao eixo vertical - PC2 com participação de 12,19% da variância total (Figura 3), os metais Cu, Mn, Zn, Cd e Pb e a matéria orgânica são as variáveis com maior significância positiva para o sistema. Neste eixo observa-se a formação de um grupo constituído pelos elementos Mn, Cd, Cu, Pb tendo como contribuição principal as informações obtidas nas Ottobacias dos Rio Piracanjuba – ambiente de aguada e na área preservada e do rio Boa Vereda/Rio Dourados – área de aguada (Figura 2). Observa-se na Figura 2 que apenas dois escores, um de aguada e outro de área preservada, da Ottobacia do rio Piracanjuba e um de aguada do rio Boa Vereda/Rio Dourados, se localizaram neste agrupamento. Portanto, não se visualiza problemas com estes metais nestas Ottobacias para esta profundidade, uma vez, que

seus escores não se concentraram neste agrupamento, ou seja, a indicação de maiores teores destes metais nestas Ottobacias é pontual e desta forma não pode ser generalizada para os seus demais pontos amostrais.

**PCA - profundidade de 10-20 cm**

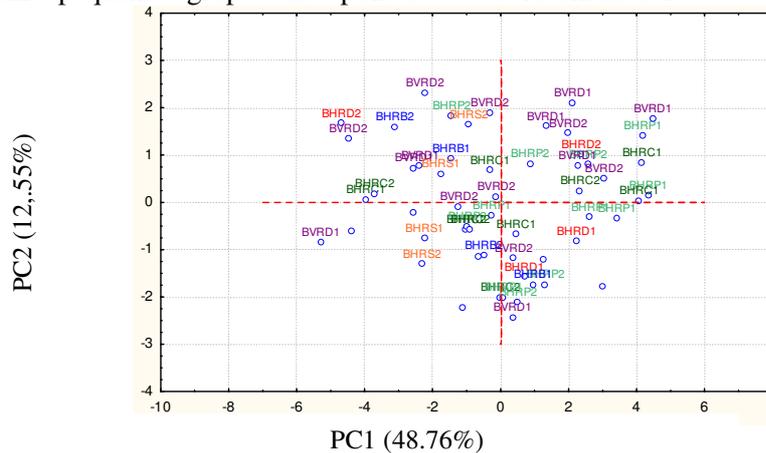
Nas 56 amostras de solo retiradas na profundidade de 10-20 cm das seis Ottobacias formadoras do Rio Paranaíba pode-se ajustar a técnica de componentes principais (PCA), levando em consideração as 13 características avaliadas, incluindo metais poluentes, matéria orgânica, pH e a textura do solo, das quais foram obtidos 12 componentes principais.

A variância percentual acumulada das 12 PCs correspondeu a 100% dos tratamentos testados,

tendo PC1 e PC2 à maior participação total neste item - 61,31%, e individualmente com contribuição de 48,76 e 12,55% da variância total, respectivamente, sendo assim recomendado para estudo da matriz gerada.

No gráfico de escores entre a PC1 X PC2 (Figura 4), observa-se comportamento similar ao da profundidade 0-10 cm, contudo observa-se que o eixo vertical (PC2) indica uma tendência na formação de um pequeno grupo de pontos

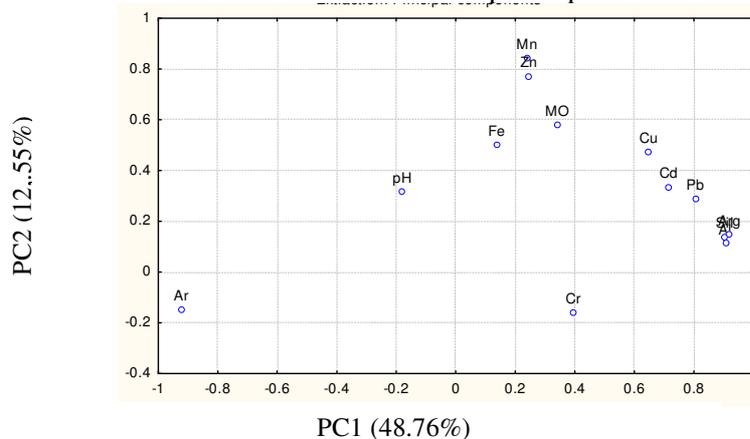
amostrais, com a contribuição do tratamento bacia Rib. Boa Vereda/rio Dourados de ambiente de aguada e de área preservada, se concentrando na parte positiva do eixo. A relação entre os escores PC1 X PC2 foi a que melhor discriminou os grupos de valores em função dos diferentes tratamentos, ou seja, a localização dos pontos amostrais dentro das Ottobacias, confirmando assim o comportamento verificado nas amostragens realizadas na camada de 0-10 cm do solo.



**Figura 4.** Distribuição dos escores das Componentes Principais (PC1 x PC2) no plano cartesiano, indicando os pontos amostrais de solo coletados na profundidade de 10-20cm, nas seis Ottobacias estudadas formadoras da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás, sob ambiente de aguada e área preservada.

Para esta profundidade os valores dos pesos dos *loadings* entre as PC's, mantiveram participações inferiores a 0,5 entre os pesos dentro de cada componente principal, portanto, não são significativos na profundidade de 10-20 cm. Assim, não há significância a 50% para os metais poluentes, pH, matéria orgânica e para a textura do solo, para esta nas ottobacias estudadas.

Em geral, observou-se grande dispersão das variáveis estudadas, não havendo assim formação de grupos entre as amostras para os *loadings* no eixo PC1 x PC2 (Figura 5). Neste contexto, pode-se dizer que não há correlação entre a distribuição de metais poluentes, matéria orgânica, pH e as classes de textura do solo nas seis Ottobacias avaliadas para a profundidade de 10-20 cm.



**Figura 5.** Posicionamento dos *loadings* das Componentes Principais, PC1 x PC2, no plano cartesiano, indicando a distribuição de areia, silte, argila, matéria orgânica, Fe, Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Zn e Al analisados na profundidade 10-20 cm, nas seis Ottobacias estudadas formadoras da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás.

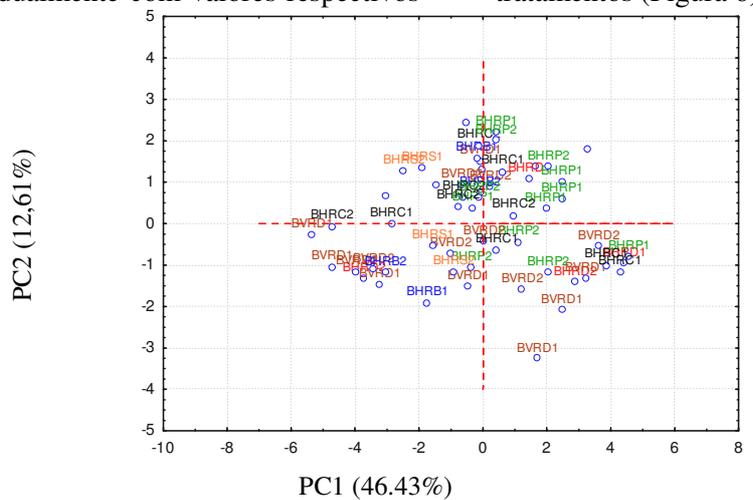
### PCA - profundidade de 20-30 cm

Assim como houve ajustamento à técnica de componentes principais (PCA) nas camadas de solo em superfície, ou seja, 0-10 e 10-20 cm, a profundidade entre 20-30 cm também se ajustou a PCA, tendo um total de 56 amostras de solo coletadas nas seis Ottobacias formadoras do Rio Paranaíba, considerando-se as 13 variáveis dependentes tais como: metais poluentes, matéria orgânica, pH e os componentes da parte textural, as quais geraram 12 componentes principais.

O ajuste de 12 PCs aos dados obtidos possibilitou estimar 100% da variância percentual acumulada, em relação aos tratamentos testados. Neste aspecto, as PC's 1 e 2 apresentaram maior participação na variância percentual acumulada - 59,04%, e individualmente com valores respectivos

de 46,43 e 12,61% da variância total, sendo assim recomendadas para confecção da matriz gerada (Figura 6). Destaca-se, que a distribuição dos pontos amostrais das características dependentes na matriz mostrou certa aleatoriedade, porém com maior concentração dos pontos na parte central da matriz construída. Observa-se também agrupamento de pontos amostrais da bacia do rio Piracanjuba oriundos de ambiente de aguadas (maior número) e de áreas preservadas, na parte positiva dos eixos (Figura 6).

Assim como aconteceu na camada de solo de 0-10 cm de profundidade e na camada da 20-30 cm também foi notado padrão semelhante na distribuição dos *scores* produzidos - PC1 x PC2, que de forma geral foi sem agrupamento para todos os tratamentos (Figura 6).

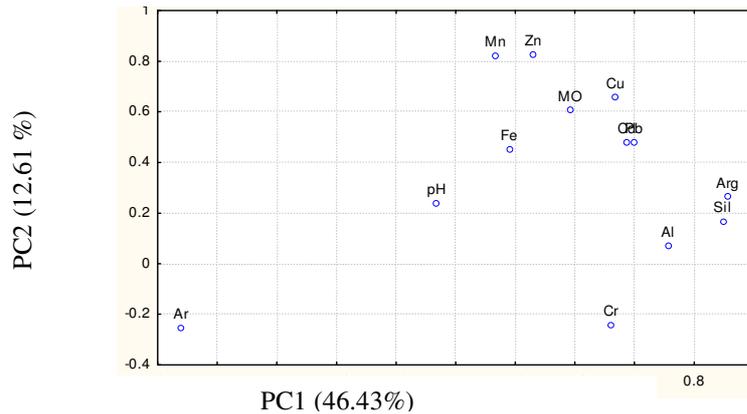


**Figura 6.** Distribuição dos escores das Componentes Principais (PC1 x PC2) no plano cartesiano, indicando os pontos amostrais de solo coletados na profundidade de 20-30cm, nas seis Ottobacias estudadas formadoras da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás, sob ambiente de aguada e área preservada.

Na Figura 7 pode ser observado a distribuição dos *loadings* entre PC1 e PC2, nota-se certa similaridade com a distribuição obtida para PC1 e PC2 na profundidade de 0-10 cm, resultado este que demonstra uma certa uniformidade na ocorrência dos metais e demais características avaliadas na camada superficial dos solo (0-10 cm) e em subsuperfície (20-30 cm).

No gráfico dos *loadings* da PC1 X PC2 (Figura 7), pode ser verificada a tendência de formação de três agrupamentos: O eixo horizontal - PC1 contribuiu para a formação de dois grupos específicos na parte positiva, sendo um grupo constituído pelos metais Cu, Cd e Pb por apresentarem maiores pesos e outro formado pelas classes texturais argila e silte. Para a formação do primeiro grupo a contribuição principal das informações foram obtidas nos tratamentos das Ottobacias hidrográficas dos Rio Dourados/Rio

Caldas e no Rio Piracanjuba, sob área preservada e de áreas de aguadas e preservadas, respectivamente. Para a formação do grupo constituído pelas classes granulométricas argila e silte, as contribuições das informações foram obtidas no tratamento da Ottobacia hidrográfica do Rio Piracanjuba, em área de aguada. O eixo vertical - PC2 contribuiu para a formação do grupo composto pelos metais Mn e Zn, cujas principais informações foram obtidas no tratamento da bacia rio Piracanjuba em áreas de aguadas (maior número) e de áreas preservadas. Observa-se ainda, que classe granulométrica areia localiza-se na situação contrária, contribuindo dessa forma para a correlação negativa da PC1, confirmando novamente os resultados verificados na profundidade de 0-10 cm.



**Figura 7.** Posicionamento dos *loadings* das Componentes Principais, PC1 x PC2, no plano cartesiano, indicando a distribuição de areia, silte, argila, matéria orgânica, Fe, Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Zn e Al analisados na profundidade 20-30 cm, nas seis Ottobacias estudadas formadoras da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no estado de Goiás.

## CONCLUSÕES

Nas áreas de aguadas com deposição de dejetos das Ottobacias formadoras no alto da bacia hidrográfica do rio Paranaíba não há contaminação por metais poluentes quando comparadas às áreas preservadas (testemunha).

Os metais poluentes e micronutrientes Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr, em geral, apresentam distribuição heterogênea ao longo dos perfis avaliados nas Ottobacias.

Os metais poluentes identificados nas diferentes Ottobacias estão dentro dos limites considerados comuns aos solos de cerrado, não havendo assim atualmente problema de contaminação pela deposição de resíduos oriundos da atividade leiteira.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.

**ABSTRACT:** In Brazil, the agricultural activity is among the most competitive sectors of national economy, in which milk production has a very significant contribution. Concern about environmental contamination by this activity is related to the fact that dairy cattle manure heavy metals present in the constitution; the creation of such animals in the grazing system directly questions the possibility of any contamination by these metals in the watery, area where these animals congregate at certain times of day for drinking water and where they defecate. This study aimed to evaluate the content of copper, iron, manganese, zinc, cadmium, lead and chromium in watery areas and in conservation areas (control) of 28 properties, grouped into six "otto-basins" forming the upper basin of the Paranaíba River in the State of Goiás. The simple soil samples were collected at three depths (0-10, 10-20 and 20-30 cm) obtained from such a composite sample for each depth in the areas watered and preserved. The analysis of PCA metals pollutants in soils watery areas analyzed did not indicate the occurrence of contamination in these environments when compared to the preserved area. Observed random distribution of average levels of metals in the three studied depths in all treatments, which complicates the definition of the potential for soil contamination by feces of dairy farming originated in watery areas, under rotational grazing.

**KEYWORDS:** Manure. Contamination of soil. Tropical soils. Ottobacias. Dairy cattle.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999.

BYERS, H. L.; CABRERA, M. L.; MATTHEWS, M.; FRANKLIN, D. H.; ANDRAE, J. G.; RADCLIFFE, D. E.; MCCANN, M.A.; KUYKENDALL, H. A.; HOVELAND, C. S.; CALVERT JR, V. H. Phosphorus, sediment and *Escherichia coli* loads in unfenced streams of the Georgia Piedmont, USA. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 34, n. 11, p. 2293–2300, 2005.

CORREIA, P. R. M; FERREIRA, M. M. C. Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para o tratamento de dados analíticos. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 48-487, 2007.

EMBRAPA - Embrapa Informação Tecnológica. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: Cenários 2002 – 2012**. Embrapa / Secretaria de Gestão e Estratégia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 92 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores: produção pecuária. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/mapa\\_site/mapa\\_site.php](http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php) >. Acesso em: 02 abr. 2012.

MCGECHAN, M. B.; TOPP, C. F. E. Modelling environmental impacts of deposition of excreted nitrogen by grazing dairy cows. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 149–164. 2004.

MOURA, M. C. S.; LOPES, A. N. C.; MOITA, G. C.; MOITA NETO, J. M. Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 429-435, 2006.

OLIVER, M. A. Soil and human health: a review. **Journal Science Soil**, Oxford, v. 48, n. 4, p. 573–592. 1997.

PEREIRA, A. A.; BORGES, J. D.; LEANDRO, W. M. Metais poluentes e micronutrientes no solo e em folhas de *brachiaria decumbens* às margens de rodovias. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 347-357. 2010.

PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação**. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989. 19 p. Trabalho não publicado.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para determinação da matéria orgânica em solo. **Revista Brasileira de. Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 3, p. 184-187, 1979.

SEPIN - Superintendência de Pesquisa e Informação. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás – 2005**. Disponível em: < <http://www.segplan.go.gov.br/> >. Acesso em: 22 jun. 2012.

WIJEWARDENA, J. D. H.; GUNARATNE, S. P. Heavy metal in commonly used animal manure. **Annals of the Sri Lanka Department of agriculture**, Bombuwela, v. 6, n. 2, p. 245-253, 2004.