



VALÉRIA PIMENTEL BARBOSA

**DETERMINAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO EM
SOLOS TRATADOS SUCESSIVAMENTE COM LODO DE ESGOTO**

**INCONFIDENTES/MG
2015**

VALÉRIA PIMENTEL BARBOSA

**DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO EM
SOLOS TRATADOS SUCESSIVAMENTE COM LODO DE ESGOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Me. Luiz Flávio Reis Fernandes

Coorientadora: Dr^a Adriana M. Moreno Pires

INCONFIDENTES - MG

2015

VALÉRIA PIMENTEL BARBOSA

**DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO EM
SOLOS TRATADOS SUCESSIVAMENTE COM LODO DE ESGOTO**

Data da aprovação: ___ de _____ de 2015

**Orientador: Prof. Me. Luiz Flávio Reis Fernandes
IFSULDEMINAS, Câmpus Inconfidentes**

**Coorientadora: Dr^a Adriana Marlene Moreno Pires
EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna/SP**

**Prof. Dr. Cristiano Alberto de Andrade
EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna/SP**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao eterno, o arquiteto e força criadora de tudo o que existe. De tudo o que fomos, do que somos e o que seremos.

Agradeço a minha família por confiar e acreditar e mim, sobretudo pelo amor e companheirismo nos momentos que necessitei, pelos momentos de descontração e alegria quando tudo parecia sério e duro demais, pelos ensinamentos e pela preocupação que tiveram comigo no decorrer da realização dessa conquista. Meus pais Herondina, Elisabeth e Emerson, meus irmãos Emerson Jr, Giovanni, Luigi, Caetano e Karoline, minhas avós Araci e Paulina e minha madrinha Karine.

A Letícia de Alcântara e Isabela Marinello por terem sido como irmãs para mim desde começo, pelas pessoas incríveis que são, pelos momentos maravilhosos, por terem me ensinado que a amizade é um amor que nunca morre, pelas risadas infinitas pelo companheirismo de sempre e por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos bons e ruins, estarão comigo onde quer que eu vá, para sempre!

A Eduardo D'Angelo, por ser o melhor amigo do mundo! Com quem sempre pude conversar os assuntos mais diversos e por quem eu tenho um imenso carinho e consideração, por todos os excelentes conselhos que me deu, por ser um homem de caráter e de palavra, além de um exímio poeta de rimas e métricas invejáveis.

Agradeço a Roberto Rodrigues Dias Oliveira por ter me incentivado, acompanhado e me apoiado durante grande parte dessa caminhada e por ter me impedido nas diversas vezes que pensei em desistir de tudo, e também a sua família, que me acolheu em sua casa e sempre me ajudou em tudo que precisei, Rosemeire, Paulo, Nayara, tia Marise e tia Lídia.

Aos amigos, colegas e pessoas incríveis que tive o prazer de conhecer, Julia Veiga, Joseph Fraga, Lígia, Jonathan Rhadael, Ângela Souza, Jailton Brito, Ana Clara Valle, Igor Rangel, Tobias Rangel, Ítalo Vilar, Jeberson, Fernando Silva, Leonardo Alcântara, Lucas Hamaguthi, Lucas Moura, Luiz Felipe do Couto, Natali Alcântara, Tânia Pinheiro, Thiago Bruschi e Ygor Ortigara.

Aos colegas de classe pelo companheirismo e aprendizado com a convivência.

Aos professores Fábio Albarici, Julierme Wagner e Luiz Flávio pelas incontáveis e divertidas caronas de Inconfidentes até Jaguariúna durante meu estágio na Embrapa.

Agradeço a Odilon, Taciano, Tone e a todos colaboradores da marcenaria do Instituto Federal, pessoas que foram essenciais para a realização desse trabalho. Que me auxiliaram com toda a estrutura, instrumentação e conhecimento que precisei em laboratório.

A Adriana Pires e Cristiano Alberto de Andrade, com quem aprendi muito e pretendo aprender cada dia mais daqui pra frente, agradeço pelos ensinamentos, orientação, preocupação e principalmente pela credibilidade e confiança em mim depositadas. Por me acolherem e escolherem para participar da equipe mesmo quando tinham mais motivos para não o fazer. Por acreditarem em mim e no meu potencial quando nem mesmo eu acreditei. Obrigada pelo imenso prazer de conhecê-los e pelas diversas boas oportunidades que me deram.

A todos os estagiários e as técnicas do antigo Laboratório de Solo e da Água da Embrapa Meio Ambiente, agradeço pela companhia, amizade e pelo auxílio prestado em laboratório, que também muito contribuiu para o desenvolvimento desse trabalho. Ao mestre, professor e orientador Luiz Flávio Reis Fernandes agradeço pelo apoio, confiança, pela amizade, por ter também acreditado em mim mais do que eu mesma e pelo belo exemplo que me deu, que me fez acreditar que eu poderia ser mais do que imaginava e conquistar mais do que jamais imaginei.

APRESENTAÇÃO

O lodo de esgoto é o resíduo final do processo produtivo das estações de tratamento de esgoto. Pode-se destacar, dentre as particularidades da composição do resíduo, uma elevada quantidade de matéria orgânica e nutrientes, o que faz com que o estudo da reciclagem do lodo de esgoto como fornecedor de nutrientes via aplicação na agricultura se torne muito interessante, ainda mais se considerarmos que a legislação prevê otimização do manejo de resíduos.

No Brasil, a utilização de lodo de esgoto na agricultura, embora seja normatizada, possui ainda alguns pontos a serem aprimorados, como por exemplo o cálculo da dose a ser aplicada no campo com base na disponibilidade de nitrogênio. O nitrogênio encontra-se no lodo de esgoto predominantemente na forma orgânica e para se tornar disponível às plantas deve ser mineralizado. A dificuldade encontra-se exatamente em estimar a quantidade mineralizada durante o ciclo da cultura, por este ser um processo muito dinâmico, realizado por microorganismos e variável em função de vários fatores, como clima. Se a quantidade adicionada e mineralizada for menor do que a necessidade da planta, a produtividade poderá ser menor. Por outro lado, se a quantidade for maior que a planta é capaz de absorver, pode ocorrer lixiviação de nitrato e contaminação de coleções hídricas. Outro problema refere-se ao fato de que o método utilizado para estimar a mineralização do N proveniente do lodo de esgoto (incubação aeróbia) é pouco operacional e apresenta alto custo.

Neste sentido, o presente trabalho de conclusão de curso (TCC) tem como objetivo apresentar os resultados obtidos na avaliação da mineralização e disponibilidade de nitrogênio adicionado ao solo via lodo de esgoto em campo e laboratório, além de testar método mais operacional para realizar esta estimativa.

Este documento está estruturado em dois capítulos, de modo que no capítulo um é apresentado o trabalho “Mineralização de nitrogênio de lodo de esgoto em área previamente tratada com o resíduo” e no capítulo dois o trabalho “Estimativa da Disponibilidade de nitrogênio no solo por meio de método aeróbio com e sem lixiviação”, ambos apresentados nos anos de 2014 e 2015 respectivamente, no Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica (CIIC), uma realização conjunta da Embrapa Informática Agropecuária, do Instituto Agrônomo (IAC), do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), do Instituto de Zootecnia (IZ), da Apta Regional, da Embrapa Meio Ambiente e da Embrapa Monitoramento por Satélite.

A estruturação deste trabalho está amparada pelo Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Tecnologia em Gestão Ambiental do IFSULDEMINAS Câmpus Inconfidentes, que permite

a apresentação do TCC na forma de resumo expandido apresentados em eventos científicos. Ressalta-se aqui que as normas do congresso/evento são as mesmas para os anos de 2014 e 2015, disponíveis em <http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/ciiciac/instrucoes.html> e <http://www.ciic.cnptia.embrapa.br/instrucoes.html>. Portanto, apresenta-se anexo em um único tópico as normas dos eventos que foram apresentados os resultados aqui traduzidos como trabalho de conclusão de curso.

Palavras-chave: Lixiviação de nitrogênio, fitodisponibilidade, mineralização, nitrato.

SUMÁRIO

1. TRABALHO APRESENTADO NO 8º CIIC.....	2
2. TRABALHO APRESENTADO NO 9º CIIC.....	9
3. CONCLUSÃO	17
4. ANEXOS	18

1. TRABALHO COMPLETO APRESENTADO NO 8º CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA: MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DE LODO DE ESGOTO EM ÁREA PREVIAMENTE TRATADA COM O RESÍDUO.

RESUMO – Com a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o lodo de esgoto não poderá ser mais disposto em aterros sanitários. Assim, o uso agrícola se torna ainda mais atrativo. Embora a aplicação deste resíduo ao solo seja normatizada, alguns pontos ainda são questionados, destacando-se a dose calculada a partir da mineralização de nitrogênio quando é realizada mais de uma aplicação ao solo. Portanto, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a disponibilidade de nitrogênio para plantas de milho em solos previamente tratados com lodo de esgoto. As avaliações foram realizadas em experimento de longo prazo, no qual vem sendo realizada adubação com NPK, ou adição da dose recomendada de lodo de esgoto ou adição do dobro desta dose. Concluiu-se que o teor e a quantidade absorvida de nitrogênio por plantas de milho em solo tratado sucessivamente com a dose recomendada de lodo de esgoto são maiores do que quando é realizada a adubação com NPK e que a adição do dobro da dose recomendada de lodo de esgoto não resulta em maior produção de massa seca e produtividade quando comparada com a dose recomendada.

Palavras-chaves: fitodisponibilidade, biossólido, milho.

ABSTRACT- Due to Brazilian National Solid Waste Politic publication sewage sludge it is forbidden to dispose sewage sludge landfill disposal. So, its agricultural use is even more attractive. Although this waste application is regulated, some points are questioned; pointing out dose calculated using nitrogen mineralization for application on soils previously treated with this residue. Therefore, this study was developed with the objective of evaluate nitrogen availability for maize plants cultivated on soils previously treated with sewage sludge. Evaluations were done on a long term experiment, where mineral fertilizer, and sewage sludge doses (recommended dose and 2 times it) have been applied since 2001. It was concluded that nitrogen concentration and absorbed quantity by plants cultivated on soils treated with consecutively recommended doses of sewage sludge were larger than plants cultivated on mineral fertilized soils and that the application of 2 times recommended doses did not result in increasing of dry mass or grain production.

Key-words: phytoavailability, biosolid, maize.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto sanitário resulta na geração de lodo de esgoto, cuja disposição é uma etapa problemática sob o ponto de vista econômico e ambiental (Bettiol & Camargo, 2000). Geralmente este resíduo é destinado a aterros sanitários, incineração ou aproveitamento na agricultura. Contudo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) estabelece que até agosto de 2014, a utilização de aterros sanitários estará restrita somente para resíduos não passíveis de nenhuma forma de reuso ou reciclagem, de maneira que a reciclagem agrícola passa a ser uma opção ainda mais interessante de destinação adequada deste resíduo.

No Brasil, o uso agrícola de lodo de esgoto é regulamentado pela Resolução Conama nº 375 (Conama, 2006). Como ainda são poucos os estudos a respeito dos efeitos em longo prazo dessa prática, alguns pontos da resolução ainda são passíveis de novas discussões e melhorias (Coscione et al., 2010).

O nitrogênio presente no lodo de esgoto está predominantemente na forma orgânica. As plantas só absorvem as formas inorgânicas, portanto, é necessário que ocorra a mineralização do N para que este nutriente fique fitodisponível (Andrade et al., 2010). O cálculo da dose com base no nitrogênio baseia-se na taxa de mineralização deste nutriente, cujos valores são indicados na norma (específicos para cada tipo de lodo de esgoto). A taxa representa a porcentagem de nitrogênio total presente no lodo que vai ser mineralizada e disponibilizada. Sabendo-se a necessidade da cultura a ser implantada, faz-se o cálculo da dose a ser aplicada (Conama, 2006).

Um dos questionamentos refere-se a este cálculo para áreas com aplicações sucessivas do lodo de esgoto. Por exemplo, se anualmente é aplicado o resíduo em determinada área agrícola e utiliza-se para cálculo de dose uma taxa de mineralização de 30%, tem-se que 70% do N total adicionado continua no campo. Se este nitrogênio remanescente continuar mineralizando no segundo ano, a quantidade disponibilizada será excessiva em relação à necessidade da planta, uma vez que ao calcular a dose no segundo ano não se considerou o que permanece no campo.

Com o objetivo de avaliar a fitodisponibilidade de nitrogênio após sucessivas aplicações de lodo de esgoto foi realizado este estudo. As hipóteses são: (i) devido às aplicações sucessivas de lodo de esgoto, o teor e quantidade absorvida de nitrogênio são maiores na dose recomendada do que quando a adubação é realizada via adição de NPK e (ii) a adição de duas vezes a dose recomendada não resulta em maior produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro Experimental do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na fazenda Santa Elisa, localizada no município de Campinas - SP. O solo é

classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2006). O experimento foi instalado seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas de 100 m² (Figura 1). Os tratamentos foram adubação mineral (NPK), dose recomendada de lodo de esgoto (1N) e duas vezes a dose recomendada (2N). O lodo aplicado foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí, SP, e foi aplicado anualmente entre os anos de 2001 e 2007.



Figura 1. Área Experimental do IAC de estudo de uso agrícola de lodo de esgoto em longo prazo.

Após 4 anos sem receber nenhum tipo de aplicação, em dezembro de 2012 foi aplicado novamente lodo de esgoto, em dose recomendada (1N) calculada para fornecer 120 kg.ha⁻¹, considerando-se a taxa de mineralização do nitrogênio presente no lodo de esgoto igual a 30% conforme indicado na resolução 375 do Conama (CONAMA, 2006). O lodo foi aplicado manualmente e incorporado na camada 0-20 com o uso de enxada rotativa. A planta teste cultivada foi milho, semeada manualmente após a incorporação do resíduo.

Foram amostradas seis plantas por parcela, separando-se os grãos, próximo à época de colheita. As amostras passaram por um processo de secagem a 65°C, para quantificação da massa seca. Depois foram moídas em moinho de faca, de modo a garantir a homogeneidade e granulometria das amostras, para determinação do teor de nitrogênio nos tecidos vegetais por meio de combustão seca, em analisador elementar CN (Analisador Elementar Truspec CN - LECO, Método de Dumas).

As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional Sisvar (Ferreira, 2008). Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e ao teste Tukey de comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos influenciaram significativamente o teor de nitrogênio nas folhas de milho (Figura 2). Como esperado, o teor nas plantas cultivadas em solo que recebeu duas vezes a dose de lodo recomendada (2N) foi maior que os demais. A dose 1N foi calculada para adicionar 120 kg ha^{-1} de nitrogênio disponível para as plantas, dose também adicionada via adubação mineral no tratamento NPK. Embora as quantidades adicionadas sejam iguais, observa-se que o teor médio de N nas folhas das plantas do tratamento 1N é maior do que da adubação mineral, indicando maior disponibilidade de N no tratamento com a dose recomendada de lodo. Provavelmente, este fato ocorreu em função da mineralização do N adicionado via aplicações anteriores de lodo de esgoto.

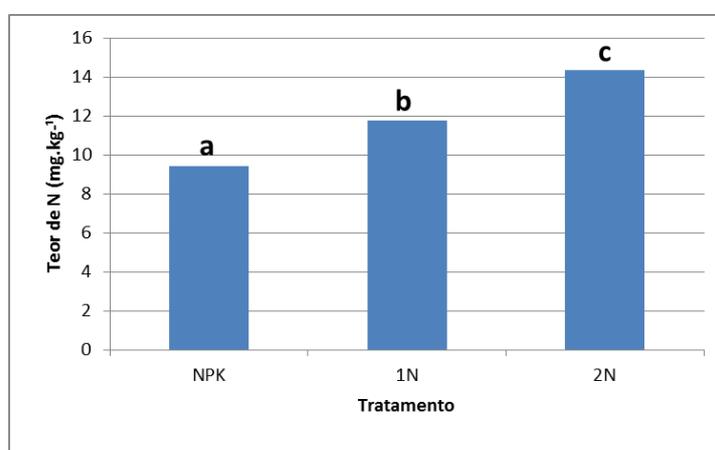


Figura 2. Teor de nitrogênio em folhas de plantas de milho cultivadas em solo tratado com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha^{-1} de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha^{-1} de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As quantidades absorvidas de nitrogênio pelas plantas nos diferentes tratamentos são apresentadas na Figura 3. Diferentemente do teor de nitrogênio, a quantidade de N absorvida no tratamento 2N foi igual à do 1N, embora este tratamento represente a adição do dobro do nutriente estudado. Este resultado era esperado, uma vez que as plantas apresentam limite de absorção dos nutrientes. Se a quantidade absorvida foi semelhante e a adicionada foi o dobro, tem-se a provável ocorrência de nitrogênio mineralizado em excesso no solo, que pode ser lixiviado e resultar na contaminação de coleções hídricas.

Adicionaram-se, tanto via NPK, como via dose recomendada de lodo de esgoto, 120 kg ha^{-1} de nitrogênio disponível. A quantidade de N absorvida no tratamento NPK foi de 146 kg ha^{-1} e no 1N foi de 293 kg ha^{-1} . Portanto, novamente observa-se a disponibilização de nitrogênio proveniente de aplicações anteriores do resíduo, uma vez que a quantidade absorvida é maior do que a adicionada

na última aplicação. Estes resultados indicam a necessidade de que seja considerada no cálculo da dose a ser aplicada a mineralização do nitrogênio remanescente de aplicações anteriores.

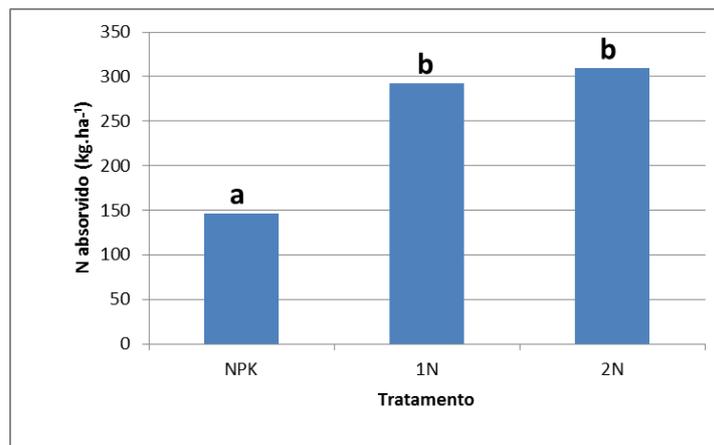


Figura 3. Nitrogênio absorvido por plantas de milho cultivadas em solo tratado com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹ de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para produção de massa seca das plantas observou-se que o tratamento 2N resultou em maiores valores do que o NPK (Figura 4), o que é esperado em função da adição de maiores quantidades de nutrientes via lodo de esgoto. Já o tratamento correspondente à dose recomendada não se diferenciou dos demais tratamentos. Mesmo adicionando-se o dobro de nitrogênio, não houve incremento significativo na produção de massa seca. A maior absorção de nitrogênio (Figura 3) pelas plantas do tratamento 1N também não resultou em ganho de produção de massa seca em relação à adubação mineral.

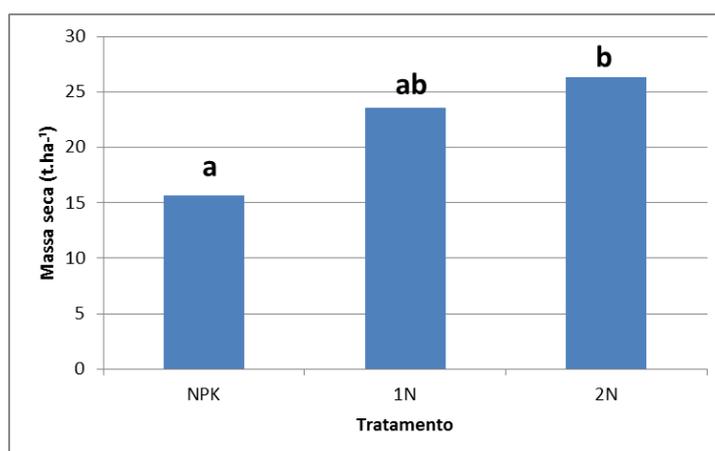


Figura 4. Massa seca de plantas de milho cultivadas em solo tratado com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹ de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade de grãos, houve diferença apenas para o tratamento 2N em relação ao NPK, assim como ocorreu para a produção de massa seca. O fato do tratamento 1N não se diferenciar da adubação mineral indica que em termos de produtividade agrícola a dose recomendada está adequada. Além disso, tem-se que a adição do dobro da dose de lodo de esgoto recomendada e, conseqüentemente, o aumento do teor de N nas folhas (Figura 2), não resultam em maior produtividade. TAIZ & ZEIGE (1998) relacionam produtividade com teor de nitrogênio na planta e indicam que existe uma faixa adequada de teor de N no tecido vegetal, conforme a cultura. Dentro desta faixa, mesmo que o teor de N aumente, a produtividade é a mesma.

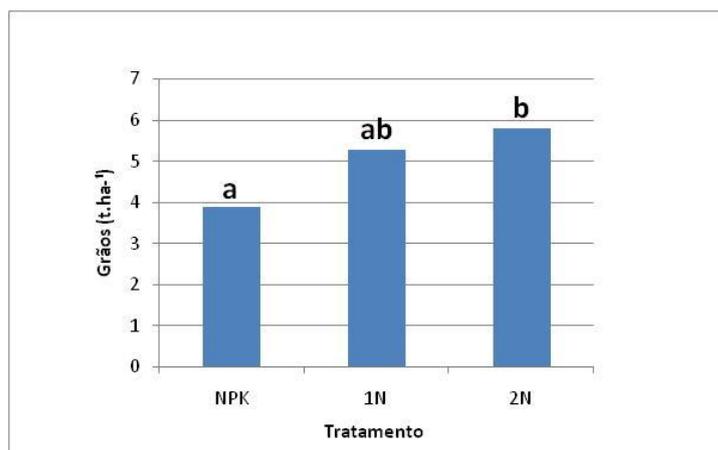


Figura 5. Produção de grãos de milho cultivado em solos tratados com adubação mineral ou lodo de esgoto. NPK - adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹ de N mineral; e 1N e 2N - doses de lodo correspondente a 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, considerando taxa de mineralização de N igual a 30%. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

O teor e a quantidade absorvida de nitrogênio por plantas de milho em solo tratado sucessivamente com a dose recomendada de lodo de esgoto são maiores do que quando é realizada a adubação com NPK.

A adição do dobro da dose recomendada de lodo de esgoto não resulta em maior produção de massa seca e produtividade quando comparada com a dose recomendada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida. À Embrapa Meio Ambiente, pela oportunidade de estágio. E a todos que colaboraram para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. A.; BOEIRA, R. C.; PIRES, A. M. M. **Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução nº 375 do CONAMA**. Uso agrícola do lodo de esgoto: avaliação após resolução nº 375 do CONAMA. Aline R. Coscione, Thiago A.R. Nogueira, Adriana M.M. Pires. - Botucatu: FEPAF, 2010. p.157-170.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.

BRASIL. (2010) Congresso Nacional. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, **Diário Oficial da União**, Brasília. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

CONAMA. (2006) Conselho Nacional do Meio Ambiente. Definir critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dar outras providências. **Resolução n.º 375**, de 29 de agosto de 2006.

COSCIONE, A. R. ; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola do lodo de esgoto: avaliação após resolução nº 375 do CONAMA**. Aline R. Coscione, Thiago A.R. Nogueira, Adriana M.M. Pires. - Botucatu: FEPAF, 2010. 407 p. ISBN: 978-85-98187-28-0.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2nd ed. Massachusetts: Sinauerssociates, 1998, 792p.

2. TRABALHO COMPLETO APRESENTADO NO 9º CONGRESSO INTERISTUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA: ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO NO SOLO POR MEIO DO MÉTODO AERÓBIO COM E SEM LIXIVIAÇÃO.

RESUMO—O lodo de esgoto é um resíduo orgânico gerado no tratamento de águas residuárias que pode ser utilizado como fertilizante agrícola. O cálculo da dose de lodo de esgoto a ser aplicada no campo pode ser realizado com base na taxa de mineralização de nitrogênio (TMN), pré-estabelecida conforme o tipo de lodo de esgoto ou determinada em laboratório. Ainda existem dúvidas quanto à adequabilidade dos métodos padrão de determinação da TMN (incubação aeróbia com ou sem lixiviação) para lodo de esgoto adicionado a solos tratados em longo prazo com o resíduo. O objetivo deste estudo foi averiguar se existe diferença entre a TMN obtida via os dois métodos padrão. Amostras de solo tratadas sucessivamente com lodo de esgoto foram utilizadas neste estudo. Em ambos os métodos, doses de lodo de esgoto foram adicionadas às amostras do solo e a liberação de N na forma inorgânica em função do tempo foi analisada. O comportamento da mineralização do nitrogênio adicionado via lodo de esgoto a solo tratado sucessivamente com o resíduo foi diferente na incubação aeróbia com lixiviação em relação à incubação sem lixiviação, entretanto não houve diferença entre os valores de TMN obtidos.

Palavras-chaves: Lodo de esgoto, mineralização, nitrato.

ABSTRACT- Sewage sludge is a waste produced during sewer treatment which could be used as a fertilizer. Dosage of sewage sludge applied to soil could be based on nitrogen mineralization rate (NMR), pre-established according to the sludge type or determined by laboratory analyses. Many doubts still remain about the suitability of the standard methods (aerobic incubation with or without lixiviation) used to estimate NMR for sewage sludge added to soils treated with the waste for a long time. The objective was to investigate if there were differences among NMR values obtained using the two standard methods. Samples of a soil treated with the residue in the long term were used in this study. For both methods, doses of sewage sludge were added to the soil samples and inorganic N release was analyzed in function of time. The behavior of nitrogen mineralization from sewage sludge added to soil treated in long term with the waste was different for aerobic incubation with lixiviation compared to incubation without lixiviation, although there was no difference among NMR values.

Key-words: Sewage sludge, mineralization, nitrate.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto sanitário resulta na geração de lodo de esgoto, cuja disposição é uma etapa problemática sob o ponto de vista econômico e ambiental (BETTIOL & CAMARGO, 2000). Este resíduo geralmente é destinado aos aterros sanitários, incineração ou reaproveitado na agricultura.

O lodo de esgoto é rico em matéria orgânica e nutrientes, o que faz com que seu reaproveitamento na agricultura seja uma alternativa interessante. Além da adição de matéria orgânica ao solo, prática importante em solos tropicais, a aplicação do resíduo ainda fornece alguns nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura, reduzindo ou substituindo o uso de fertilizantes minerais.

Entre os nutrientes presentes no lodo de esgoto, destaca-se o nitrogênio. Este nutriente ocorre no resíduo predominantemente na forma orgânica. Como as plantas só absorvem as formas inorgânicas é necessário que ocorra a mineralização do N para que este nutriente fique fitodisponível (ANDRADE et al., 2010). Parte do nitrogênio orgânico adicionado ao solo via lodo de esgoto vai sendo mineralizado durante o ciclo da cultura, tornando o nutriente passível de ser absorvido pelas plantas.

O uso agrícola de lodo de esgoto no Brasil é regulamentado pela Resolução Conama nº 375 (CONAMA, 2006). Esta resolução indica que os cálculos da dose de resíduo a ser adicionada ao solo devem ser realizados com base nos seguintes parâmetros: poder de alcalinização, teor e carga acumulada de metais pesados e fornecimento de N para as plantas. Após calcular as doses, deve-se adotar aquela que apresenta menor quantidade de resíduo a ser aplicado. Para a maioria dos casos, a dose calculada mais restritiva é aquela cuja base foi a disponibilidade de N. A exceção consiste nos lodos calados, quando a maior restrição geralmente se dá para a dose calculada com base no poder alcalinizante do resíduo.

O cálculo da dose considerando-se o nitrogênio disponível baseia-se na taxa de mineralização de nitrogênio (TMN), que representa a porcentagem deste nutriente presente no lodo que vai ser mineralizada/disponibilizada em relação ao total presente no resíduo. Sabendo-se a necessidade da cultura, faz-se o cálculo da dose a ser aplicada. A Resolução Conama indica valores fixos de TMN conforme o tipo de lodo de esgoto (CONAMA, 2006), devido à falta de operacionalidade dos métodos que estimam esta taxa, cuja duração é de 120 dias.

Entretanto, ainda existem dúvidas quanto à adequabilidade dos métodos de determinação da TMN para lodo de esgoto adicionado a solos tratados em longo prazo com o resíduo e, conseqüentemente, quanto ao uso dos valores fixos.

Os métodos indicados para estimar a taxa de mineralização de N consistem em incubações aeróbias em condições controladas, podendo ser com ou sem lixiviação. No método de incubação com lixiviação, periodicamente lixivia-se uma mistura solo+lodo e determina-se o N mineralizado no lixiviado. A incubação sem lixiviação consiste na coleta periódica de amostras de uma mistura solo+lodo para extração e determinação de N mineralizado no extrato (CETESB, 1999).

A primeira fase da avaliação da adequabilidade dos métodos em estimar a TMN em solos tratados sucessivamente com lodo de esgoto é averiguar as possíveis variações nas taxas obtidas em função do tipo de incubação escolhida. Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de comparar os valores de TMN de lodo de esgoto estimados utilizando os métodos de incubação aeróbia com e sem lixiviação para solo onde o lodo de esgoto foi adicionado em longo prazo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foram coletadas amostras de um experimento localizado na fazenda Santa Elisa do Instituto Agronômico de Campinas, onde lodo de esgoto é adicionado ao solo agrícola há mais de sete anos. O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2006) e o lodo de esgoto adicionado foi gerado na Estação de Tratamento de Esgotos de Jundiaí, SP. O tratamento amostrado para este estudo corresponde àquele em que a dose recomendada de lodo de esgoto foi adicionada anualmente entre 2001 e 2007, sendo que a amostragem foi realizada em 2012.

As incubações com e sem lixiviação em laboratório foram realizadas com base no indicado pela Cetesb (1999) e consistiram na adição de novas doses de lodo de esgoto ao solo, que corresponderam a 0,1/2, 1, 2 e 4 vezes o recomendado para a cultura do milho (120 kg ha^{-1}) (0N, 1/2N, 1N, 2N e 4N, respectivamente), considerando-se para o cálculo valor de TMN igual a 30% e que o lodo apresenta 2% de N total. Para o método de incubação com lixiviação foram montadas colunas contendo mistura de 20 g de solo, 10 g de areia calcinada e as diferentes doses de lodo, sendo que na base de cada coluna foram adicionadas lã de vidro e areia calcinada para evitar perda de material. As colunas foram tampadas com papel alumínio com furos. Para lixiviar foram acrescentados nas colunas 100 ml de KCl $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ em incrementos de 20 ml nos períodos de 0, 15, 30, 60, 90 e 120 dias. Após cada lixiviação foram adicionados 25 ml de uma solução nutritiva isenta de N. Para o método de incubação sem lixiviação utilizaram-se 100 g de amostras de solo e as mesmas doses de lodo que foram acondicionados em potes plásticos de 250 ml. Os teores de N inorgânico na mistura solo+lodo foram determinados nos períodos de 0, 15, 30, 60, 90 e 120 dias. A extração do N inorgânico das amostras foi feita utilizando-se solução de KCl 2 mol L^{-1} .

A determinação do teor de N inorgânico nos lixiviados ou nos extratos obtidos segundo cada método foi por destilação a vapor com adição de MgO e liga de Devarda. Ao material destilado foram adicionados 5 ml de solução 2% de H₃BO₃ e procedeu-se a titulação com solução padronizada de H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ (CANTARELLA & TRIVELIN, 2001).

A partir dos dados obtidos, foi realizada análise de variância e análise de regressão linear e quadrática para o fator dose e linear, quadrática e de cinética de primeira ordem (Stanford & Smith, 1972) para o fator tempo, separadamente para cada método, com o objetivo de avaliar o comportamento da mineralização. Como apenas parte dos dados se ajustou à equação de cinética de primeira ordem, optou-se por avaliar o nitrogênio disponibilizado e a TMN a partir dos dados obtidos no final do período de incubação (120 dias). Foi realizado o teste Tukey (5%) de comparação de médias para o fator métodos e análise de regressão para o fator dose.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre os fatores dose e tempo para a variável nitrogênio mineralizado nos dois métodos testados. No desdobramento de dose dentro de cada nível de tempo, tem-se que para todos os tempos houve um aumento de N mineralizado em função do incremento de dose. Este resultado era esperado, uma vez que com o aumento da dose, aumenta-se a quantidade de nitrogênio total adicionado.

Os resultados do desdobramento de tempo dentro de cada nível de dose são apresentados na Tabela 1 para a incubação sem lixiviação e na Figura 1 para o método com lixiviação.

Para a incubação aeróbia sem lixiviação, houve ajuste dos dados à equação de cinética de primeira ordem, com exceção da dose recomendada (1N), na qual o ajuste foi linear (Tabela 1).

Tabela 1. Nitrogênio potencialmente mineralizável (N₀) e constante de velocidade (k) da mineralização de solo tratado com 0, 1/2, 2 e 4 vezes a dose recomendada (N) de lodo de esgoto e equação de ajuste linear para teores de N mineralizado em função do tempo no tratamento com a dose recomendada (1N). Dados obtidos em incubação aeróbia sem lixiviação.

Dose	Ajuste	N ₀ (mg kg ⁻¹)	K	N ₀ do Lodo (mg kg ⁻¹)
0N	Cinética 1 ^a ordem	81,7	0,015	-
1/2N	Cinética 1 ^a ordem	100,0	0,019	18,3
2N	Cinética 1 ^a ordem	148,5	0,024	66,8
4N	Cinética 1 ^a ordem	162,8	0,036	81,1

		Equação	R
1N	Linear	$Y = 1,2935x + 5,631$	0,90

O modelo de cinética tem sido utilizado neste tipo de estudo, pois o referido modelo estima o nitrogênio potencialmente mineralizável e a constante de velocidade da reação. O modelo pode ser representado por: $N \text{ mineralizado} = N_0 \times (1 - e^{-kt})$, em que N mineralizado é a quantidade (mg kg^{-1}) de nitrogênio mineralizado no tempo t , N_0 é a quantidade (mg kg^{-1}) de nitrogênio (N_0) potencialmente mineralizável, k é a constante de velocidade da reação de mineralização do nitrogênio e t é o tempo de incubação (dias). A taxa de mineralização de nitrogênio é dada pela porcentagem que o N_0 do lodo representa em relação ao total de N na forma orgânica adicionado via resíduo. A TMN final é dada pela média dos valores obtidos para todas as doses de lodo, descontando-se a dose zero.

Para a incubação aeróbia com lixiviação, não houve ajuste dos dados à equação de cinética de primeira ordem. Neste caso, o modelo linear foi o que melhor representou a variação dos dados de N mineralizado em função do tempo (Figura 1).

O modelo de cinética de primeira ordem considera a ocorrência de uma fase inicial em que o processo de mineralização ocorre de forma mais intensa, seguida da estabilização em que os incrementos em função do tempo passam a ser muito menores. Portanto, pode-se inferir que para as amostras analisadas por meio do método de incubação aeróbia sem lixiviação ocorreu esta tendência à estabilização. Por outro lado, para a incubação com lixiviação, o ajuste linear indica que a fase mais intensa de mineralização de nitrogênio ainda está ocorrendo. Assim, o tempo recomendado de avaliação de 120 dias pode ter sido insuficiente para que fosse atingida a estabilização no caso da incubação com lixiviação.

No método sem lixiviação foram montados potes para cada tempo de avaliação, de maneira que o N e outros elementos mineralizados não eram removidos do meio. Com isso, o aumento da concentração de sais pode ter resultado em algum tipo de inibição do processo de mineralização do nitrogênio. Destaca-se, ainda, que as amostras utilizadas no estudo foram de um solo que recebeu lodo de esgoto por vários anos, o que pode ter potencializado o efeito de concentração de sais. Na incubação com lixiviação, as mesmas colunas são lixiviadas em cada tempo, logo, formas inorgânicas livres ou fracamente retidas são removidas.

Dada a impossibilidade de se obter N_0 para todos os tratamentos, utilizou-se outra opção de cálculo da TMN, na qual são utilizados os valores de nitrogênio mineralizado aos 120 dias para calcular a taxa (CETESB, 1999). Os resultados de comparação dos dois métodos a partir dos dados ao final do período de incubação são apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que não houve diferença entre os métodos tanto no que se refere ao total mineralizado como à TMN. Entretanto, a

diferença entre os dois métodos no que se refere ao comportamento da liberação de nitrogênio inorgânico em função do tempo indica que outras avaliações devam ser realizadas. Para os estudos subsequentes, sugere-se que sejam adotados: maior tempo de avaliação para a incubação com lixiviação e monitoramento da condutividade elétrica da mistura solo+lodo na incubação sem lixiviação.

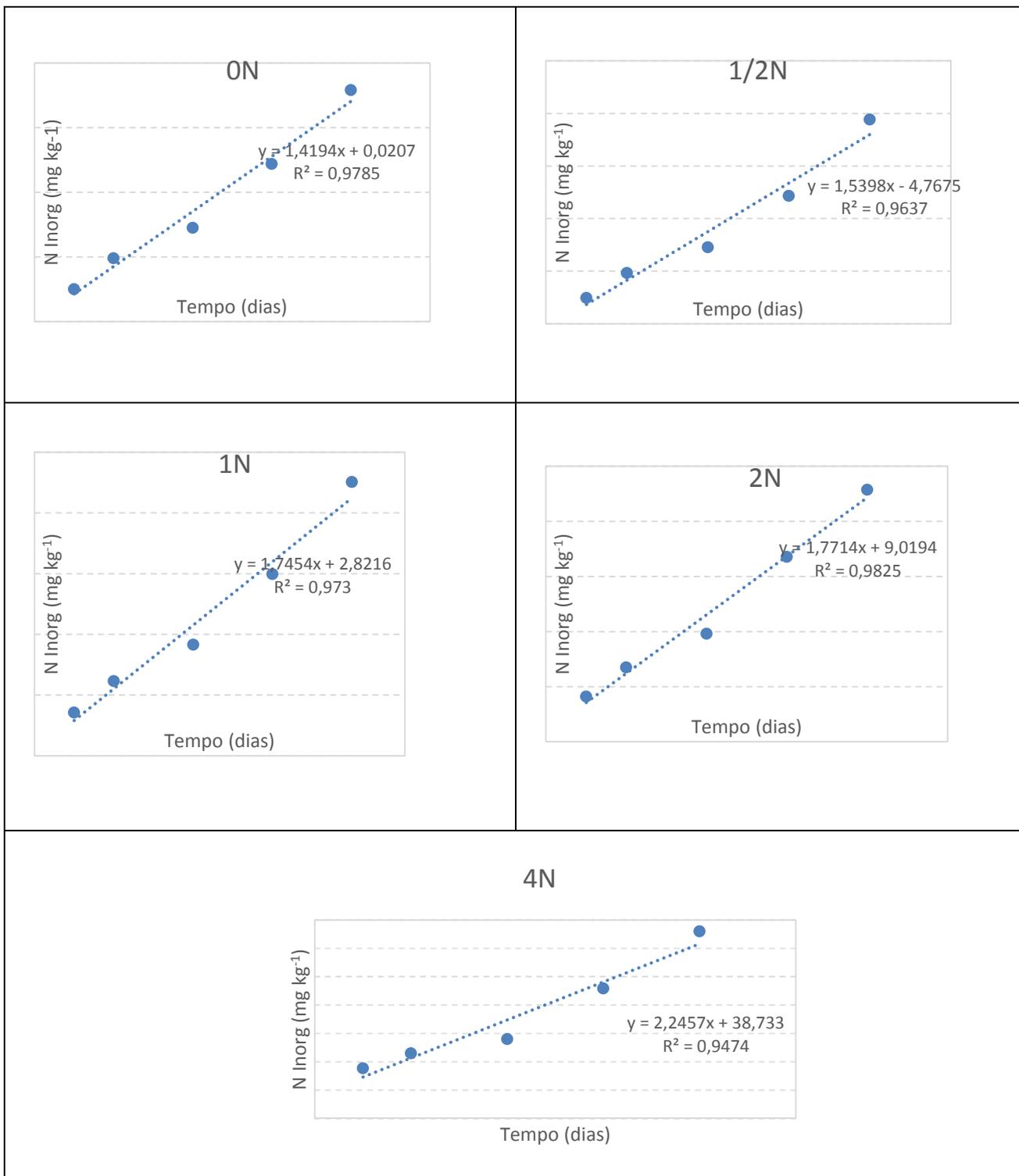


Figura 1. Teores de N inorgânico, obtidos em incubação aeróbia com lixiviação, de solo tratado com diferentes doses de lodo de esgoto (testemunha – 0N, dose recomendada – 1N, 1/2, 2 e 4 vezes a dose recomendada) em função do tempo.

Tabela 2. Nitrogênio mineralizado e taxa de mineralização de nitrogênio de solo tratado com diferentes doses de lodo de esgoto. Dados obtidos em incubação aeróbia com e sem lixiviação*.

Incubação Aeróbia	N mineralizado (mg kg ⁻¹)	TMN (%)
Com Lixiviação	65,5 a	17 a
Sem Lixiviação	70,9 a	24 a

* Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa.

CONCLUSÃO

O comportamento da mineralização do nitrogênio adicionado via lodo de esgoto a solo tratado sucessivamente com o resíduo foi diferente na incubação aeróbia com lixiviação em relação à incubação sem lixiviação, entretanto não houve diferença entre os valores de TMN obtidos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – PIBIC, pela bolsa concedida. Ao CNPq pelo apoio financeiro. À Embrapa Meio Ambiente, pela oportunidade de estágio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. A.; BOEIRA, R. C.; PIRES, A. M. M. **Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução nº 375 do CONAMA.** Uso agrícola do lodo de esgoto: avaliação após resolução nº 375 do CONAMA. Aline R. Coscione, Thiago A.R. Nogueira, Adriana M.M. Pires. - Botucatu: FEPAF, 2010. p.157-170.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: IAC, 2001. p.270- 276.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Norma P4.230 - Critérios para aplicação de **bio sólidos em áreas agrícolas: Critérios para projeto e operação**. São Paulo, 1999. 32p. (Manual Técnico).

CONAMA. (2006) Conselho Nacional do Meio Ambiente. Definir critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dar outras providências. **Resolução n.º 375**, de 29 de agosto de 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

STANFORD, F. & SMITH, S.J. **Nitrogen mineralization potentials of soil**. Proc. SoilSci. Soc. Am., 36:465-472, 1972.

3. CONCLUSÃO

No Brasil, a coleta e o tratamento de efluentes urbanos é uma realidade de apenas uma minoria da população e, ainda assim, o tipo de resíduo gerado pelas estações de tratamento de esgoto representa uma questão ambiental de relevante importância uma vez que além de não possuir uma destinação final adequada definida, o gerenciamento do lodo produzido representa a maior parte do custo de operação de uma ETE. Os resumos apresentados trazem informações de estudos realizados a respeito do comportamento do lodo de esgoto quando utilizado como fertilizante agrícola como uma alternativa a essa problemática.

Embora existam a resolução CONAMA 375 e a norma CETESB P.4231 destinadas ao gerenciamento do resíduo e sejam comprovados os benefícios da utilização do lodo na agricultura, principalmente em termos de produtividade, existe a necessidade de que estudos como estes sejam desenvolvidos considerando que os trabalhos apresentados demonstram que existe influência de aplicações remanescentes e que pouco se pode prever quanto ao comportamento das mesmas em um quadro de aplicações sucessivas. Dessa forma, os trabalhos apresentados podem servir como referência para estudos futuros que possam contribuir com a otimização da reutilização do resíduo na agricultura.

4. ANEXO

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NO CIIC 2014 e 2015

TÍTULO DO TRABALHO: CENTRALIZADO, FONTE ARIAL 11, NEGRITO, CAIXA ALTA

Maria José **Silva**¹; Paulo Ramalho de **Souza**²; Adelino Martins³; José **Bezerra**⁴; Carlos Magno da **Costa**⁵

Nº 14XXX

RESUMO - Este documento tem como objetivo apresentar o modelo para a confecção do Resumo Expandido a ser publicado nos Anais do 8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC 2014. O RESUMO deve ter no máximo 250 palavras e seguir a formatação aqui apresentada: formato A4; orientação retrato; margem tipo “Moderada” (margem superior: 2,5cm; margem inferior: 2,5cm; margem esquerda: 1,91cm; margem direita: 1,91cm); fonte Arial 11; espaçamento 1,5; em itálico; sem recuo na primeira linha e após a palavra **RESUMO**. Após a afiliação deverá ser informado o número do registro do RESUMO com cinco dígitos, centralizado, em negrito, fonte Arial 11, ex: **14XXX**, que será determinado pela Comissão Organizadora do evento. O Resumo Expandido deverá ser enviado em **pdf** através do email divulgado pela comissão PIBIC/PIBITI de cada instituição participante até a data limite informada. Deverão ser inseridos dois espaços abaixo do término do resumo antes das palavras-chaves.

Palavras-chaves: Neste tópico devem ser inseridas no máximo 6 (seis) palavras-chaves.

OBS: No campo “autoria” o sobrenome de cada autor deverá ter um índice numérico sobrescrito^{1...2...3} que, no “rodapé” irá referenciar a sua respectiva função na autoria, na Instituição, nome do curso em que está matriculado e nome da Universidade. Os emails do 1º autor (bolsista) e do orientador deverão ser mencionados.

O rodapé deve ficar na primeira página alinhada à esquerda, fonte Arial 9, conforme modelo a seguir:

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, PUCC, Campinas-SP; elia59@live.com

2 Colaborador, Bolsista Treinamento Técnico 3 Fapesp: Graduação em Ciências Biomédicas, VerisMetrocamp IBTA, Campinas-SP.

3 Bolsista Embrapa: Graduação em Ciências Biomédicas, VerisMetrocamp IBTA, Campinas-SP.

4 Bolsista Embrapa: Graduação em Ciências Biológicas, IB / Unicamp, Campinas-SP.

5 Orientador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; orientador@live.com.

ABSTRACT- Deve ser escrito após o **RESUMO, Palavras-chaves e informações de rodapé** no início da segunda página do documento. O Abstract deve seguir a mesma formatação do RESUMO: fonte Arial 11; espaçamento 1,5; em itálico; sem recuo na primeira linha. As **Key-words** deverão ser escritas com dois espaços abaixo do ABSTRACT.

Key-words: Neste tópico devem ser inseridas no máximo 6 (seis) palavras-chaves.

Introdução

O Resumo Expandido deve conter os tópicos: **TÍTULO, AUTORES, AFILIAÇÃO INSTITUCIONAL, RESUMO** (máximo 250 palavras), **PALAVRAS-CHAVES, ABSTRACT, KEY WORDS, INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÃO, AGRADECIMENTOS e REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**, com o mínimo 6 (seis) e o máximo 8 (oito) páginas, podendo os tópicos terem subtítulos conforme formatação demonstrada neste documento. Os tópicos devem ser alinhados à esquerda; fonte Arial 11; negrito. O corpo do texto (estilo normal) deverá ser digitado em fonte Arial 11; alinhamento justificado; com espaço 1,5 entre linhas e 6 pontos depois do parágrafo. Os parágrafos devem ter recuo especial “primeira linha” de 1,25 cm.

Os detalhes da formatação dos subtítulos são apresentados a seguir:

O **TÍTULO 1** é um cabeçalho de primeira ordem, deverá ser numerado com algarismos arábicos, alinhados junto à margem esquerda, com letras maiúsculas e em negrito. Sua formatação segue este modelo: fonte Arial 11; alinhada à esquerda, em negrito; espaçamento 1,5 entre linhas; 12 pontos antes e 12 pontos depois do parágrafo.

O **Título 2** é o subtítulo do **TÍTULO 1**, é um cabeçalho de segunda ordem, deverá ser numerado com algarismos arábicos, após indicação do número do título a que se refere (ex: **1.1; 1.2; 2.1**). Sua formatação segue este modelo: fonte Arial 11, alinhada à esquerda, em negrito; espaçamento 1,5 entre as linhas; 12 pontos antes e 12 pontos depois do parágrafo.

O **Título 3** é o subtítulo do **Título 2**, é um cabeçalho de terceira ordem, deverá ser numerado com algarismos arábicos, após indicação dos números do **TÍTULO 1** e do **Título 2** a que se refere (ex: **1.1.1; 2.3.1**). Sua formatação segue este modelo: fonte Arial 11, primeira letra em maiúscula, alinhada à esquerda, em negrito; espaçamento 1,5 entre as linhas; 12 pontos antes e 12 pontos depois do parágrafo.

Tabelas, Figuras e Equações

Tabelas

As tabelas devem estar inseridas no corpo do artigo, centralizadas dentro das margens estabelecidas pela página. Sua formatação segue o modelo da Tabela 1: a legenda deve ser disposta na parte superior da tabela, justificada dentro das margens da página, iniciada pela palavra **Tabela**, em negrito, seguida do numeral de referência e ponto, de acordo com a sua ordem de citação no texto, em fonte Arial 10, espaçamento simples, 3 pontos antes e depois do parágrafo. A formatação das linhas e colunas deve seguir o *Design* sugerido pelo próprio Word, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Atividade de água (aw), pH e temperatura dos tratamentos 1 a 4.

Tratamento	aw	pH	Temperatura (°C)
1	0,95	3,5	20,0
2	0,96	3,8	21,0
3	0,95	4,0	22,5

4	0,97	3,9	21,5
---	------	-----	------

Figuras

Figuras (incluindo gráficos) devem estar inseridas no corpo do artigo, centralizadas dentro das margens da página, em formato .gif, .jpg ou outro compatível com o Microsoft Office. A legenda da figura deve vir logo abaixo dela, e a formatação deve ser igual a da tabela: justificada dentro da margem da página, iniciada pela palavra **Figura**, em negrito, seguida do numeral de referência e ponto, de acordo com a sua ordem de citação no texto, fonte Arial 10, espaçamento simples, 3 pontos antes e depois do parágrafo. Deverão ser mencionadas no texto de acordo com o exemplo: “A Figura 1 representa o perfil ...”

Conforme exemplo da Figura 1, a área do gráfico (área de plotagem) deve ter borda e conter linhas de grade tracejadas, não sendo necessária linha no contorno da figura (contorno da forma). A legenda da figura pode ser posicionada na melhor configuração, abaixo ou ao lado do gráfico.

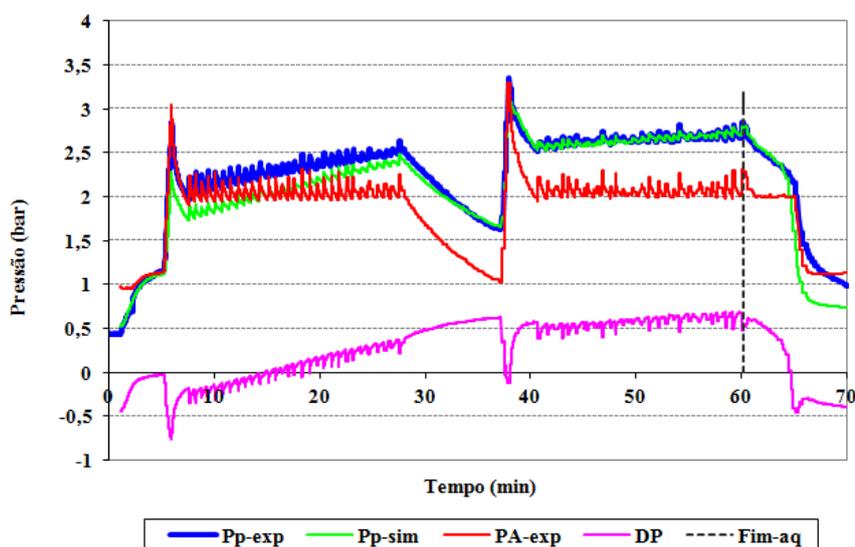


Figura 2. Pressão em função do tempo.

Equações

Recursos do Equation do Microsoft Word ® devem ser utilizados para escrever as equações, formatadas conforme este modelo: fonte “CambriaMath 10, itálico. As equações devem ser inseridas no trabalho conforme ordem de citação no texto, dentro da primeira coluna de uma tabela de duas colunas, sem bordas, com parágrafo centralizado, conforme exemplo da Equação 1. Na segunda coluna deverá ser especificada a numeração da equação entre parênteses e em negrito. As equações deverão ser mencionadas no texto da seguinte forma: “... a substituição da Equação 1 na Equação 3 fornece...”. Equações com mais de uma linha devem ser numeradas na última linha conforme exemplifica a Equação 2.

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots, \quad -\infty < x < \infty \quad (1)$$

$$y = 85365x^8 + 7825365x^7 + 625365x^6 + 5625365x^5 + 628965x^4 + 5361125x^3 + 5365x^2 - 2531x + 125 \quad (2)$$

Agradecimentos

É obrigatória a inclusão de agradecimentos ao CNPq pela bolsa concedida. Agradecimentos a outras agências financiadoras do projeto e/ou colaboradores podem também ser incluídos neste tópico.

Referências Bibliográficas

As referências bibliográficas e as citações de autores no texto deverão estar de acordo com a norma NBR 6023 (ABNT). As referências deverão estar em ordem alfabética crescente pelo primeiro autor. A formatação deve ser em fonte Arial 10, espaçamento simples entre parágrafos, justificada. Seguem alguns exemplos de referências bibliográficas de artigo científico, livro, tese, fonte Web, artigo em Anais de Congresso, e outros documentos:

BOSCARDIN, N. R. A produção aquícola brasileira. In: OSTRENSKY, A; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. (Ed.) **Aquicultura no Brasil, o desafio é crescer**. Brasília, 2008, 276p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010**. Brasília, DF, 2012. 128 p.

COMMANDEUR, J. N. M., STIJNTJES, G. J., VERMEULEN, N. P. E. Enzymes and transport systems involved in the formation and disposition of glutathione S-conjugates. Role in bioactivation and detoxication mechanisms of xenobiotics. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 2, p. 271-330, 1995.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

CONSUMO de pescado no Brasil aumentou 40% em seis anos. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2010/09/consumo-de-pescadono-brasil-aumentou-40-em-seisanos.html>>. Acesso em: 18 abr. 2012.

CORSO, M. N. **Uso de sistemas com recirculação em aquicultura**. 2010. 36 p. Monografia - Faculdade de Medicina Veterinária, UFRGS, Porto Alegre.

GHISELLI, G. **Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos (IE) e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP)**. 2006. 60 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, SP.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. A. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 211 p.

PALHARES, J. C. P. Criação Integrada entre Piscicultura e Suinocultura. ANAIS, V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI, 5., Florianópolis, 2006. **Anais...** Florianópolis, 2006. p. 15-26.

Revisão ortográfica

A responsabilidade pela revisão ortográfica do resumo expandido é dos autores.

