



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UNB PLANALTINA

RAFAEL RODRIGUES SILVA

**DINÂMICA DE NITROGÊNIO MINERAL EM SISTEMAS  
INTEGRADOS DE INTENSIFICAÇÃO ECOLÓGICA E CERRADO  
NATIVO**

PLANALTINA-DF, 2015

RAFAEL RODRIGUES SILVA

**NITROGÊNIO MINERAL EM SISTEMAS INTEGRADOS DE  
INTENSIFICAÇÃO ECOLÓGICA E CERRADO NATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Arminda Moreira de  
Carvalho – Embrapa Cerrados  
Co-Orientador: Katia Cury –  
Faculdade UnB Planaltina

Planaltina – DF

2015

Rafael, Silva

Nitrogênio Mineral em Sistemas Integrados de Intensificação Ecológica e Cerrado Nativo /  
Rafael Rodrigues Silva. Planaltina --- DF, 2015. 34 f.

Monografia --- Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental.

Orientador: Arminda Moreira de Carvalho

1. Fixação biológica de nitrogênio 2. nutriente 3. sustentabilidade. I. Silva, Rafael. II.  
Título.

**RAFAEL RODRIGUES SILVA**

**NITROGÊNIO MINERAL EM SISTEMAS INTEGRADOS DE INTENSIFICAÇÃO  
ECOLÓGICA E CERRADO NATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Banca Examinadora:

Planaltina-DF, 02 de Julho de 2015.

---

Dr. Katia Cury Roselli – UnB/*Campus* Planaltina

---

Dr. Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento – UnB/*Campus* Planaltina

---

Dr. Thais Rodrigues Coser – Embrapa Cerrados

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a Deus, à minha mãe e meu pai, minha namorada, irmãos, mestres e amigos.*

*O Mestre na arte da vida faz pouca distinção entre o seu trabalho e o seu lazer, entre sua mente e seu corpo, entre sua educação e sua recreação. Ele simplesmente persegue sua visão de excelência em tudo o que faz, deixando para os outros a decisão de saber se está trabalhando ou se divertindo. Ele acha que está sempre fazendo as duas coisas simultaneamente.*

*Texto budista..*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Doutora e Pesquisadora Arminda Moreira de Carvalho como orientadora do meu trabalho de conclusão de curso. Agradeço pelas oportunidades que me proporcionou, por todo conhecimento que fui capaz de adquirir durante o período que estive sob sua orientação e por toda a paciência e apoio que recebi.

A Doutora Katia Cury como co-orientadora do meu trabalho de conclusão de curso. Por acreditar em meu desempenho e por toda a ajuda prestada por ela para que esse trabalho se realize, e que foi de suma importância para conclusão do mesmo.

A Doutora Thaís Rodrigues Coser e a Juliana Hiromi Sato, por todo o apoio e ajuda que dedicaram ao andamento e conclusão do meu trabalho e toda a pesquisa que o envolve.

Aos meus colegas e amigos de curso Pedro, Leonardo, Vander, Willian, Luciano, Marcia, Tamires, Debora e Lucas e aos demais, que estiveram ao meu lado durante todo esse período, e por todo apoio prestado por eles.

Aos meus colegas e amigos de estágio, Arthur, Áurea, Odenilza e Thaís e a todos aqueles, que prestaram total apoio e esforço para desenvolvimento do meu trabalho.

E a todos aqueles que de alguma forma participaram de toda a minha formação acadêmica e ajudaram diretamente ou indiretamente para o andamento e conclusão deste trabalho.

Destaco também, um agradecimento a Thosne Felix uma pessoal muito especial que sempre esteve ao meu lado me apoiando e me incentivando. E que toda sua paciência e apoio foram essenciais para conclusão desse trabalho.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do N mineral no solo nas formas de amônio (N-  $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato (N-  $\text{NO}_3^-$ ) em três sistemas integrados de intensificação ecológica, (ILP, ILPF, SPD) e três Cerrado Nativos. Os estudos foram desenvolvidos na Embrapa – Cerrados, região de Planaltina Distrito Federal (DF). Os experimentos foram realizados com delineamento de blocos ao acaso e três repetições. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-5 cm. As avaliações nos Sistemas Integrados (ILP-ILPF) teve duração de dois anos de Fevereiro de 2012 a Fevereiro de 2014. Já o experimento no Sistema de Intensificação Ecológica Plantio Direto (SPD), foi realizado com milho em sucessão às plantas de cobertura e foi implantado em 2005. O nitrogênio mineral do solo nos experimentos foi analisado por destilação e posteriormente titulado. Os dados foram transcritos para uma planilha e tratados utilizando um programa para gerar gráficos de distribuição temporal. Os estudos no ILP e ILPF demonstraram uma variação total do nitrogênio mineral de (N-  $\text{NH}_4^+$  e N-  $\text{NO}_3^-$ ) foi de 0 a 93 mg N  $\text{kg}^{-1}$ . O teor médio de N-  $\text{NH}_4^+$  (0 a 93 mg N  $\text{kg}^{-1}$ ) foi geralmente mais elevado do que o teor de N-  $\text{NO}_3^-$  (0 a 25 mg N  $\text{kg}^{-1}$ ). Além de o N-  $\text{NH}_4^+$  apresentar maior média geral (11,8 mg N  $\text{kg}^{-1}$  contra 3,2 mg N  $\text{kg}^{-1}$ ). O experimento conduzido no SPD demonstrou que os maiores teores de amônio e nitrato foram encontrados logo após os período de aplicação de fertilizantes. Após a primeira e segunda aplicação os maiores teores de amônio foram encontrados na braquiária ruziziensis com um pico de (40,74 mg N-  $\text{NH}_4^+$ ) dois dias depois a primeira aplicação e no feijão-bravo-do-ceara com (15,05 mg N-  $\text{NH}_4^+$ ) no dia seguinte após a segunda aplicação. Para o nitrato os valores mais altos foram observado no milheto e feijão-bravo-do-ceara logo as aplicações de N, ficando na faixa de (23,08 e 21,74 mg N-  $\text{NO}_3^-$ ), o menor valor foi encontrado na braquiária ruziziensis. No entanto a forma amoniacal predomina no solo sob vegetação de Cerrado Nativo e a forma nítrica nos SIP e SPD.

Palavras-chave: fixação biológica de nitrogênio, nutriente, sustentabilidade.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the dynamics of mineral N in the soil in the form of ammonium (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) in three integrated ecological intensification systems (ILP, ILPF, SPD) and three Cerrado Native. The studies were developed at Embrapa - Cerrados, Planaltina region of Federal District (DF). The experiments were performed using a randomized block design with three replications. Soil samples were collected at a depth of 0-5 cm. The evaluations in Integrated Systems (ILP-ILPF) lasted two years February 2012 to February 2014. But the experiment in Intensification Ecological Tillage System (SPD), was carried out with maize in succession to cover crops and was implemented in 2005. The soil mineral nitrogen in the experiments was analyzed by distillation and subsequently titrated. The data were entered into a spreadsheet and treated using a program to generate temporal distribution graphs. Studies in ILP and ILPF showed a total variation of mineral nitrogen (N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) was 0 to 93 mg N kg<sup>-1</sup>. The average content of N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0 to 93 mg kg<sup>-1</sup> N) was generally higher than the N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content (0 to 25 mg N kg<sup>-1</sup>). In addition to the N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> have a higher overall average (11.8 mg N kg<sup>-1</sup> against 3.2 mg N kg<sup>-1</sup>). The experiment conducted in the SPD showed that the largest ammonium and nitrate levels were found soon after fertilizer application period. After the first and second application the largest ammonium levels were found in brachiaria ruziziensis with a peak (40.74 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) two days after the first application and bean-mad-of-ceara with (15.05 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) the next day after the second application. For nitrate the highest values were observed in millet and bean-mad-of-ceara the logo of N applications, staying in the range of (23.08 and 21.74 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), the lowest value was found in brachiaria ruziziensis. However as ammonia predominates in the soil under Cerrado native vegetation and the nitrate form in SIP and SPD.

Keywords: biological nitrogen fixation, nutrient sustainability



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização do Bioma Cerrado	-----12
<b>Figura 2.</b> Distribuição espacial de cobertura vegetal e cobertura antrópica no Bioma Cerrado	-----13
<b>Figura 3.</b> Dinâmica do nitrogênio	-----17
<b>Figura 4.</b> Localização da área de estudo	-----19
<b>Figura 5.</b> Mapa de solos do Distrito Federal (Localização da área de estudo	-----20
<b>Figura 6.</b> 3 amostras simples nas profundidades de 0-5,5-10 cm	-----23
<b>Figura 7.</b> N mineral ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ ) e precipitação pluviométrica	-----26
<b>Figura 8.</b> Precipitação no período de 01/11/2013 a 01/05/2014 na Estação meteorológica da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF	-----27
<b>Figura 9.</b> Teores de $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$ no solo sob uso de milho e Cerrado Nativo	-----27
<b>Figura 10.</b> Teores de $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$ no solo sob uso feijão-bravo-do-ceara e Cerrado Nativo	-----28
<b>Figura 11.</b> Teores de $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$ no solo sob uso de braquiária ruziziensis e Cerrado Nativo	-----29
<b>Figura 12.</b> Espaço Poroso Saturado com Água (EPSA %) sob uso das plantas de cobertura	-----30

## **LISTA DE ABREVIATÓES**

**SIP-** Sistema Integrados de Produçãõ

**ILPF-** Integraçãõ Lavoura-Pecuária-Floresta

**ILP-** Integraçãõ Lavoura-Pecuária

**SPD-** Sistema Plantio Direto

**MOS-** Matéria Orgânica do Solo

**FBN-** Fixaçãõ Biológica de Nitrogênio

**RPCP's-** Rizobactérias Promotoras do Crescimento das Plantas

**RPPNs-** Reserva Particular do Patrimônio natural

**EPSA-**Espaço Poroso Saturado com Água

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	12
<b>2. Metodologia</b> .....	19
2.1. Caracterização dos Experimentos .....	19
2.2. Caracterização Química e Física do solo das duas áreas experimentais (ILP-ILPF) .....	20
2.3. Caracterização do Sistema de Plantio Direto (SPD) com cultivo - .....	21
2.3.1. Cultivo do milho .....	21
2.3.2. Cultivo das plantas de cobertura .....	22
2.3.3. Período de avaliação dos teores de (N-NO <sub>3</sub> -N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	23
2.4. Amostras do Solo e determinação (N-NO <sub>3</sub> - N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	23
2.5. Processamento e análises dos dados .....	24
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	24
3.1. Sistemas Integrados ILP de ILPF e Cerrado Nativo.....	24
3.2. Sistema de Intensificação Ecológica Plantio Direto (SPD) .....	26
3.3. Meio Ambiente .....	31
<b>4. Conclusões</b> .....	32
<b>5. Referências bibliográficas</b> .....	33

## 1. Introdução

As atividades antrópicas são responsáveis ao longo dos anos pela modificação dos biomas brasileiros (Fonte-Thaiss). O Cerrado é considerado o segundo maior bioma do Brasil e apresenta perda de aproximadamente 50% de sua cobertura original, sendo consequência principalmente da exploração agropecuária (SANO et al., 2008; BEUCHLE et al., 2015; CUNHA et al., 2008). Esse bioma com a maior riqueza e diversidade de espécies do mundo está distribuída de forma predominante na parte central do Brasil e ocupa geograficamente cerca de 205 milhões de hectares (RIBEIRO e WALTER, 2008), aproximadamente uma extensão de 2.039.387 km<sup>2</sup> (PONTES et al., 2009).

Desse total, 8,21% é legalmente protegido por unidades de conservação; sendo 2,85% unidades de conservação de proteção integral e 5,36% de unidades de conservação de uso sustentável, incluindo RPPNs (Reserva Particular do Patrimônio natural) (0,07%) (MMA, 2014).

A área da região do Cerrado abrange desde os Estado de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além de locais no Amapá, Roraima e Amazonas (Figura 1). Encontram-se também em todo esse território as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata) (MMA, 2014).



Figura 1. Localização do Bioma Cerrado. Fonte: (SANO et al., 2007, p. 15)

O amplo potencial hidrológico favorece um ecossistema rico em biodiversidade, onde são estimadas 160 mil espécies de plantas, fungos e animais. Além de já terem sido contabilizados cerca de 800 espécies de árvores e arbustos de grande porte e outras de pequeno porte, como ervas e subarbustos (LOBO e FIORAVANTI 2013). Essa região possui condições climáticas com um forte contraste, o que define duas estações bem marcantes: uma chuvosa que normalmente se estende de outubro a março e outra de seca que vai de abril a setembro (KLINK e MACHADO, 2005). Para alguns autores a dinâmica da vegetação do Cerrado está diretamente associada às suas estações climáticas. A diversidade dessa vegetação está simplificada em três formações principais: a) Campestre, que tem presença de espécies herbáceas e alguns arbustos sem a formação de árvores de paisagem, b) Savânicas, constituídas de árvores e arbustos, b) Florestal, representada de forma predominantemente por espécies arbóreas (SILVA et al., 2012).

Ao longo dos anos essa vegetação vem sendo substituída por extensas áreas de pastagens e culturas agrícolas, como, soja, milho e algodão. Assim, compreende-se essa região como uma matriz produtiva, geradora de produtos essenciais à economia e de subsistência de diversas comunidades. E assim, ocorre uma constante fragmentação do Cerrado, com a exploração constante dos seus recursos naturais e conseqüentemente uma grande perda de biodiversidade (Figura 2).

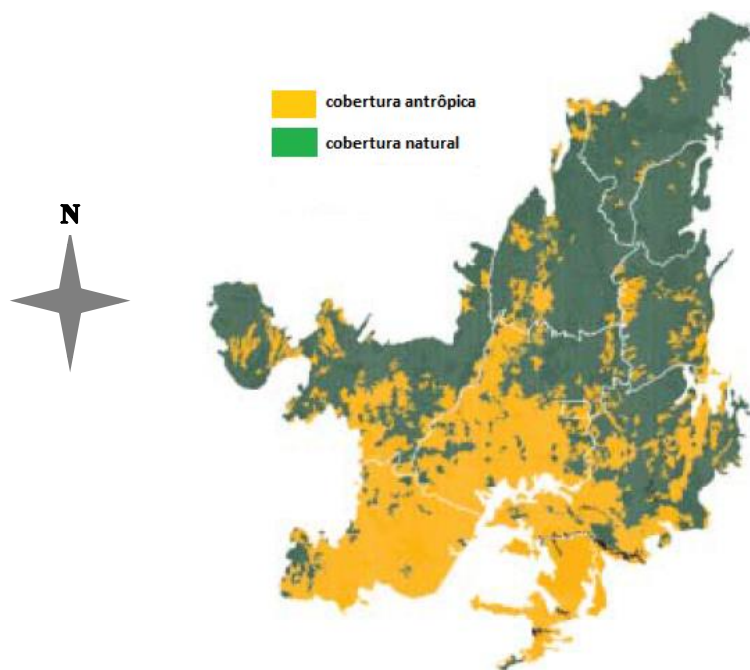


Figura 2. Distribuição espacial de cobertura vegetal e cobertura antrópica no Bioma Cerrado. Fonte: (SANO et al., 2007, p. 29)

Nesse sentido, práticas sustentáveis, como o uso de sistemas integrados de produção integrados de intensificação ecológica (SIP) podem ser consideradas como alternativas viáveis para mitigar os impactos causados por atividades antrópicas. Sobretudo na agricultura, pois podem proporcionar tanto uma maior preservação do Cerrado Nativo, como estimular uma maior ciclagem e aproveitamento de nutrientes, como nitrogênio, evitando perdas, por volatilização e emissões de N<sub>2</sub>O (óxido nitroso) para atmosfera (AITA e GIACOMINI, 2006).

Os Sistemas Integrados de Produção têm dentre os seus objetivos manter a qualidade do solo, no que se refere “à sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema, sustentando o rendimento biológico e promovendo a saúde de plantas e animais” (JUNIOR et al, 2009).

Os sistemas de produção agropecuária que podem ser considerados sustentáveis são: os de Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Lavoura-Pecuária (ILP) e Sistema Plantio Direto (SPD). Nos sistemas (ILP) a um consórcio de espécies arbóreas e forrageiras em um espaço, simultâneo com a presença de animais podendo ainda podendo haver o plantio de árvores florestais (ILPF) (PAZINATO et al, 2009).

O sistema plantio direto (SPD) associado à rotação de culturas e com uso de plantas de cobertura, pode ser considerado outra tecnologia conservacionista. Essa técnica é caracterizada pela ausência das etapas do preparo convencional da aração e gradagem e por meio da manutenção de cobertura do solo por restos vegetais. Esta palhada tem como objetivos básicos reduzir a erosão no solo causada por precipitação ou escoamento superficial, diminuir a lixiviação de nutrientes, aumentar a quantidade e qualidade da matéria orgânica no solo (MOS) de modo a garantir uma maior produtividade das culturas com qualidade de solo (LOPES e GUILHERME, 2000).

A (MOS) é produzida a partir da decomposição de restos e resíduos de animais ou vegetais sobrepostos ao solo, pela ação de microrganismos. E por isso faz parte do ciclo do carbono e do nitrogênio (C e N) na superfície terrestre.

É utilizada como fonte de energia para a fauna do solo, além de contribuir para a biodiversidade nesse compartimento e estoque de nutrientes como (N), Fosforo (P) e Enxofre (S). Suas propriedades e características físicas podem contribuir para o armazenamento de água no solo e fluxos de gases, estabilidade dos agregados dificultando a sua dispersão por fatores exógenos, como a precipitação pluviométrica.

Portanto a aplicação de preparo do solo por implementos agrícolas pode causar uma desagregação das partículas do solo, intensificando a capacidade erosiva pela ação da chuva e do vento, além facilitar intensamente o escoamento superficial e a compactação de camada subsuperficial do solo, intensificando a erosão devido à baixa infiltração da água da chuva e aumentando o escoamento superficial (FILHO et al., 2000). Alterando suas propriedades físicas, influenciando na disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (SILVEIRA e STONE, 2001), resultando em baixa eficiência na utilização de nitrogênio (N) pelas culturas, que para algumas cultura pode ser inferior a 50% (KLUTHCOUSKI et al., 2006).

Os microrganismos fração ativa da MOS exercem também um papel fundamental nesse processo, pois atuam na disponibilidade de nutrientes para as plantas, além de contribuir efetivamente na ciclagem de nutrientes. Esses microrganismos podem conter em sua biomassa microbiana (NBM) cerca de  $100 \text{ kg-N/há}^{-1}$ , sendo altamente significativo, sobretudo considerando que a biomassa microbiana é reciclada dez vezes mais rápida que a fração da matéria orgânica do solo (SILVEIRA e FREITAS, 2007).

Assim, práticas agrícolas que permitem cobertura mais eficiente do solo, com o incremento de restos vegetais, além de rotação de culturas, sistema plantio direto e sistemas de integrados de intensificação ecológica podem resultar em maior ganho de produtividade e sustentabilidade do ambiente. Com destaque para o solo e os seus processos, pois essas atividades influenciam de forma direta a MOS, alterando os diversos fluxos de nutrientes nesse compartimento. Dentre eles o nitrogênio (N), importante elemento para nutrição das plantas (WEBER e MIELNICZUK, 2009) e fator limitante de produção de biomassa e produtividade das culturas e demais espécies vegetais dos sistemas integrados de produção (NASCENTE et al, 2009).

Os maiores reservatórios de ( $N_2$ ) em um ambiente natural encontram-se na atmosfera, sob a forma orgânica  $N_2$  e também na forma de compostos orgânicos sintetizados pelas plantas e microrganismos, para assimilação do N pelas plantas os compostos orgânicos precisam ser mineralizados (amonificação e nitrificação) pela micro biota do solo (GOEDERT, 1985).

A mineralização da matéria orgânica do solo pode ser considerada um dos processos mais importantes de fornecimento de N para as plantas.

O aproveitamento de N pelas plantas está relacionado a fatores edafoclimáticos e sistemas de cultivos. No entanto, para esta mineralização é necessário que a relação carbono (C) no solo seja inferior a 20, ou seja, baixa razão C: N. Caso a razão C: N seja maior, haverá a imobilização de Nitrogênio, onde o N mineral disponível será aproveitado para formação de tecidos microbianos (GOEDERT, 1985).

A amonificação é um processo microbiano aeróbico de oxidação, onde o  $CO_2$  é usado como fonte de carbono e a energia é obtida da oxidação do amônio (CARDOSO et al., 2001), tendo como resultado o amônio ( $NH_4^+$ ), posteriormente pelo processo de nitrificação obtém o nitrato ( $NO_3$ ), que são as formas iônicas de N absorvidas pelas plantas. A desnitrificação ocorre em ambientes anaeróbicos e pode ser entendida como a redução do nitrato em formas gasosas, como  $N_2O$  e  $N_2$  (CANTARUTTI e MAIA, 2004) (Figura 3). O  $N_2O$  é considerado um dos gases de efeito estufa (GEE's) de maior importância para o setor agropecuário devido às suas emissões estarem relacionadas com a dinâmica de nitrogênio (N) e diretamente associada às exigências desse nutriente pelas culturas, cujo suprimento é basicamente por meio das aplicações de fertilizantes nitrogenados (CARVALHO et al, 2006).



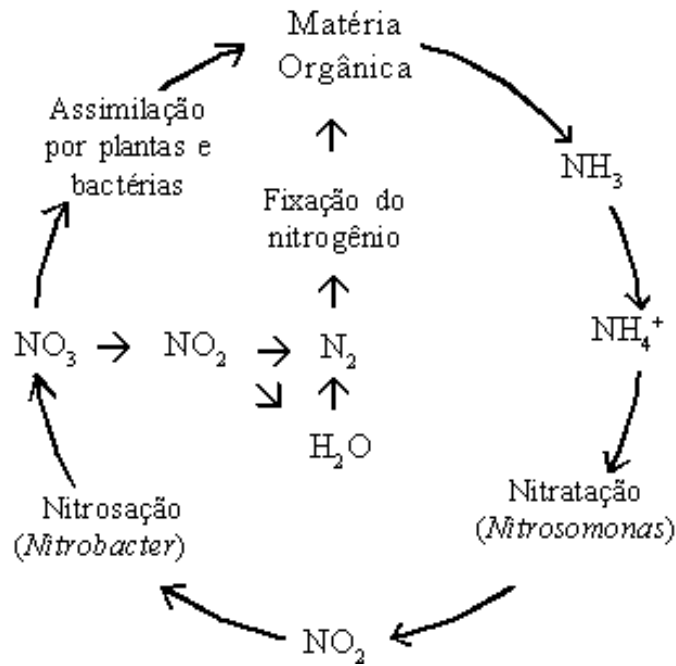


Figura 3. Dinâmica do nitrogênio. Fonte: (PADUA, 2015).

Os processos relacionados (Figura 3) são responsáveis por controlar sua disponibilidade e perdas de N nos agroecossistemas (AITA et al, 2004), sendo dependentes não só da relação C: N, como também da qualidade dos resíduos vegetais orgânicos (lignina, celulose, hemicelulose, lignina: N) em decomposição, do pH, da umidade e atividade dos microrganismos responsáveis pela fixação biológica de  $\text{N}_2$  (FBN) e pela mineralização de N no solo (CANTARUTTI e MAIA, 2004).

A (FBN) é realizada por um grupo de microrganismos procarióticos, conhecidos como diazotróficos, um importante grupo das rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs). Em alguns estudos os microrganismos não pertencem a esse grupo porque resulta de uma relação não simbiótica ou de vida livre (SILVEIRA e FREITAS, 2007).

Entretanto as bactérias diazotróficas podem estimular o crescimento de plantas tanto pela (FBN), como pela produção de substâncias que também promovem um maior desenvolvimento radicular de espécies vegetais, como o ácido indol acético (MOREIRA et al., 2010). São bactérias de grande importância para fornecimento de Nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) atmosférico em ambientes naturais. Elas podem ser tanto de vida livre ou estar associada a alguma espécie vegetal.

E a perda dessa biodiversidade pode afetar outras comunidades de microrganismo ao longo da cadeia trófica (MOREIRA et al., 2010). O que por consequência pode conduzir o sistema de produção agropecuário a maior dependência de fertilizantes nitrogenados na produção de alimentos.

A correção do solo para produção agrossilvipastoril se faz necessária, pois historicamente os solos do Cerrado são considerados muitos ácidos e com baixa fertilidade natural. O pH do solo controla a disponibilidade de nutrientes às plantas, sendo um indicador de problemas de deficiência nutricional. Neste caso, aplica-se calcário por meio da calagem para potencializar a produtividade das espécies vegetais (KLUTHCOUSKI e SOARES, 2009).

A aplicação de adubo nitrogenado deve ser realizada com base na expectativa de rendimento da cultura no histórico da área (cultivado em rotação/ secessão com plantas leguminosas) e nos teores de MOS, tendo em vista que o total de aproveitamento de N-fertilizante pela planta não chega a 50 % do (N) adicionado (AIDAR e KLUTHCOUSKI, 2009).

Contudo, o mais viável é um manejo adequado do solo que proporcione a manutenção da sua capacidade produtiva, sem interferir negativamente em seus atributos, de modo a não causar impactos negativos tanto no solo como no ambiente (CARVALHO e AMABILE, 2006).

Dessa forma, os sistemas integrados (ILP, ILPF e SPD) podem ser considerados os mais apropriados para mitigar os problemas apresentados anteriormente, pois minimizam a mobilização do solo, com técnicas agrícolas que podem diminuir perdas da água, de nutrientes por lixiviação, compactação do solo e melhorar suas propriedades físico-químicas e biológicas.

Nesse sentido, foram selecionados três sistemas integrados de intensificação ecológica, (ILP, ILPF, SPD) e um Cerrado Nativo com objetivo de avaliar a dinâmica do N-mineral do solo (N-  $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato (N-  $\text{NO}_3^-$ )

## 2. Metodologia

### 2.1. Caracterização dos Experimentos

As áreas de estudo estão localizadas nos campos experimentais da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (Embrapa - Cerrados) na região de Planaltina Distrito Federal (DF), nas proximidades da Rodovia BR 020 no km 18, localizada a S 15° 36. 25416', 15. 2496" e W 47° 42.7308', 43. 8474" (Figura 4)

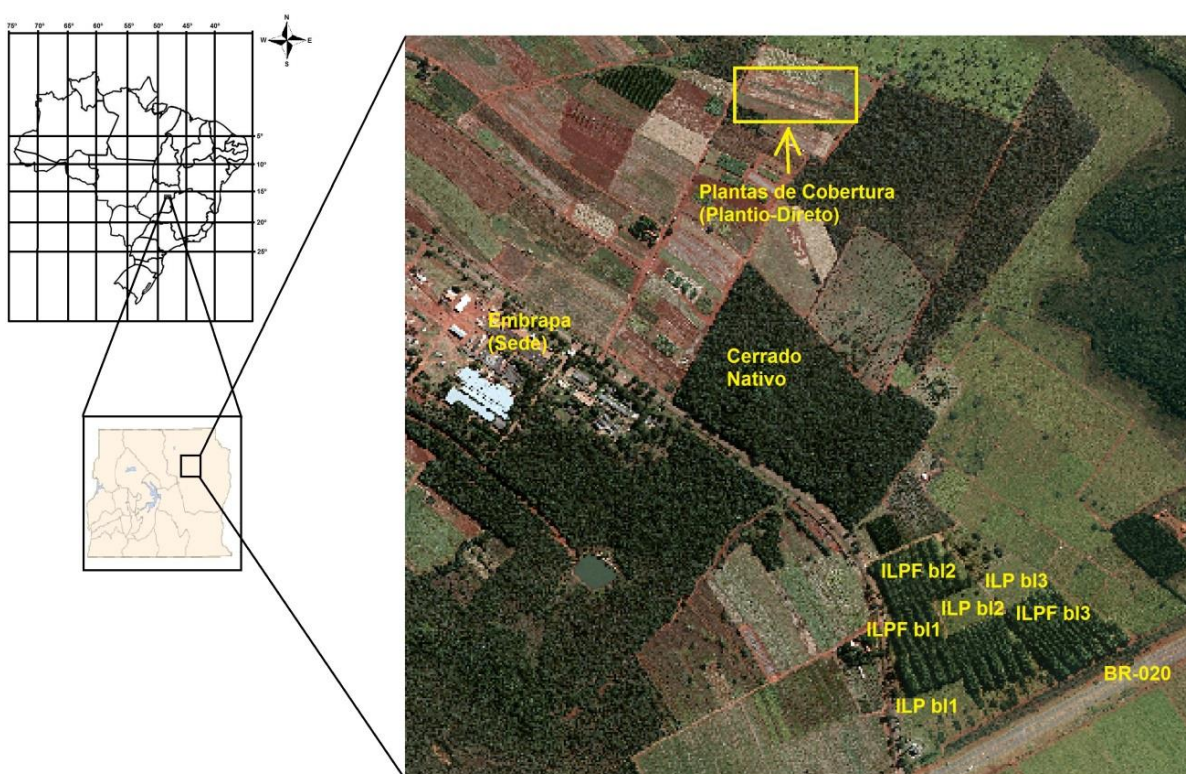


Figura 4. Localização da área de estudo

O clima da região é classificado como Aw (classificação de Köppen) com 1.500 mm de precipitação pluvial anual concentrada nos meses de outubro a abril, e temperaturas médias mínimas e máximas de 16,7 °C e 28,3 °C, respectivamente. O solo (Figura 5) é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

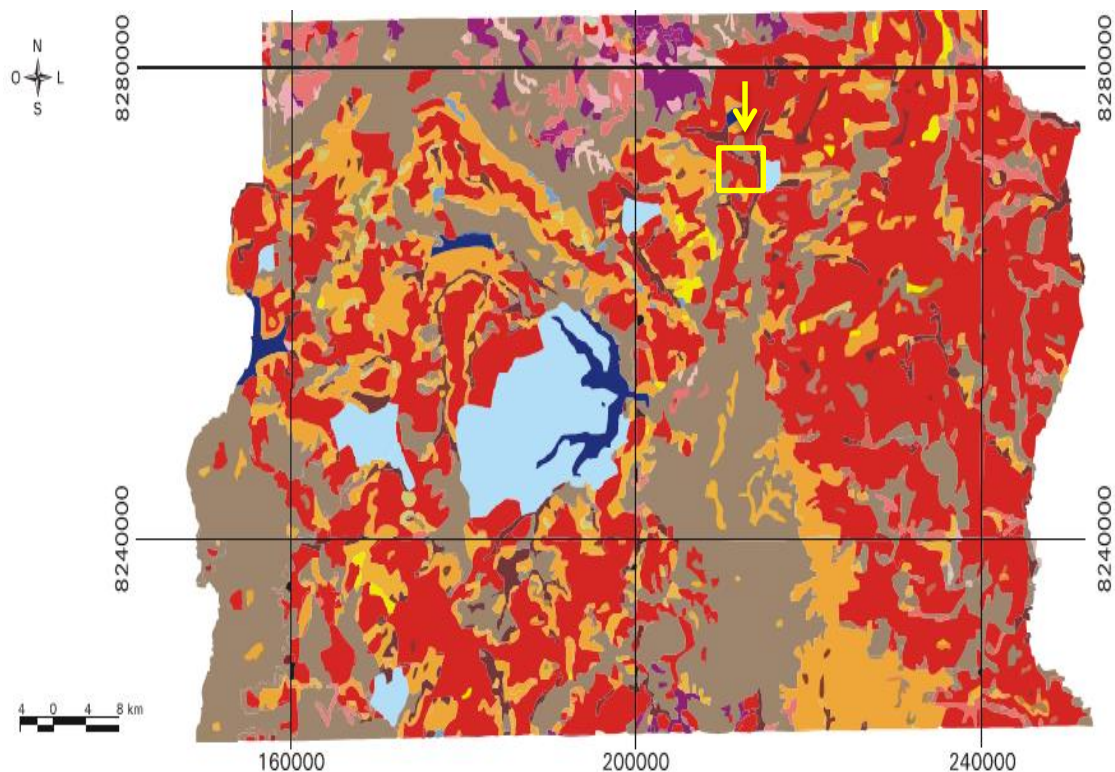


Figura 5. Mapa de Solos do Distrito Federal (Localização da Área de Estudo).  
Fonte: (EMBRAPA, 2006).

## 2.2. Caracterização Química e Física do solo das duas áreas experimentais (ILP-ILPF)

A partir de janeiro de 2009, foi iniciado o cultivo de uma cultura anual juntamente com a aplicação de adubação de plantio, em sistema de plantio direto (SPD), conforme. Após a retirada dos cultivos, durante a estação seca, a área permaneceu em pousio até o início do próximo ano agrícola.

O experimento foi implantado em fevereiro de 2012 e constou de parcelas de 1,4 ha, com delineamento de blocos ao acaso e três repetições. Os tratamentos foram: área cultivada intercalada com renques de *Eucalyptus urograndis*, com espaçamento de 2 x 2 m entre plantas e 22 m entre renques; e área cultivada a pleno sol, sem a presença de espécies arbóreas, além do Cerrado nativo durante dois anos de avaliações, de Fevereiro de 2012 a Fevereiro de 2014.

Em março de 2012, a soja foi colhida e, em seguida, foi iniciada a implantação de pastagem em substituição às culturas anuais, com o cultivo de Sorgo granífero BRS 330, utilizando 8 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis, em

consórcio com *Brachiaria brizantha* cultivar BRS piatã, que foi utilizado resultou em 5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis. As sementes de capim foram misturadas a formulação fórmula NPK 08-20-15 na dosagem de 350 kg ha<sup>-1</sup>. Após a colheita do sorgo, a pastagem formada pelo capim piatã se estabeleceu, desenvolvendo-se até a entrada de animais, no início da estação chuvosa, em outubro de 2012. A área permaneceu com animais até o encerramento das coletas do experimento, em fevereiro de 2013.

### **2.3. Caracterização do Sistema de Plantio Direto (SPD) com cultivo de Plantas de Cobertura**

O experimento de milho em sucessão às plantas de cobertura foi implantado em 2005 em área da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF. Entre 1995 e 2005 a área encontrava-se em pousio. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico a moderado, caulínítico, fase Cerrado tropical subcaducifólio, relevo suave-ondulado, textura argilosa (EMBRAPA, 2013). A análise química do solo (camada de 0 a 10 cm) coletado ao final do ano agrícola 2010/2011, de acordo com Embrapa (1997), forneceu os seguintes resultados: pH (em água) = 5,9; matéria orgânica = 26,3 g kg<sup>-1</sup>; P (Mehlich-1) = 8,3 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0,07 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca + Mg = 3,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; K = 0,2 cmolc dm<sup>-3</sup>.

#### **2.3.1. Cultivo do milho**

O milho (híbrido simples Pioneer 30F53H) é cultivado em sucessão às plantas de cobertura, compreendendo cinco sementes viáveis por metro linear e espaçamento entre linhas de 0,70 m, totalizando uma população de 71.500 plantas. Na semeadura da cultura foi realizada adubação de manutenção no sulco de plantio, utilizando 500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 4-30-16 acrescida de 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) e 10 kg ha<sup>-1</sup> de BR 12 como fonte de micronutrientes com a seguinte composição química: Enxofre(S): 3,2%; Boro(B): 1,8%; Cobre(Cu): 0,8%; Manganês(Mn): 2,0%; Molibdênio (Mo): 0,1%; Zinco (Zn): 9,0%; Cálcio(Ca): 1,8%. Para as subparcela com aplicação de N, foram realizadas duas fertilizações com 65 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura tendo como fonte a ureia, aplicadas quando as plantas emitirem o quarto e oitavo par de folhas, respectivamente, totalizando 150 kg ha<sup>-1</sup> de N.

As subparcelas sem aplicação de N não receberam o fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura. Um Cerrado Nativo com as mesmas características edafoclimáticas do experimento de SPD foi usado como controle.

### **2.3.2. Cultivo das plantas de cobertura**

As seguintes espécies vegetais foram semeadas na área para cobertura do solo: braquiária ruzizensis (*Brachiaria ruzizensis*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis* M. e Benth), guandu cv. mandarim (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.), sorgo cv. BR 304 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e trigo (*Triticum aestivum* L.). A testemunha foi constituída de parcelas com plantas de ocorrência natural na área (vegetação espontânea).

A densidade de plantas foi de 20 plantas por metro linear para crotalária juncea, guandu, sorgo, trigo e braquiária ruzizensis; 40 plantas por metro linear para milho e nabo-forrageiro; 10 plantas por metro linear para feijão-bravo-do-ceará e mucuna-preta. O espaçamento entre linhas de semeadura foi de 0,5 m para todas as espécies vegetais.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada diretamente sobre os restos culturais do milho cultivado no ano agrícola anterior, utilizando-se da fertilidade residual dessa cultura.

O delineamento foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. As parcelas são representadas pelas espécies de cobertura (12 x 8 m) e as subparcelas (12 x 4 m) pela aplicação ou ausência de N aplicado em cobertura, totalizando 3420 m<sup>2</sup> de área total. Para manejo das plantas de cobertura, as espécies serão cortadas no estágio de florescimento e quando atingirem a maturação fisiológica, com esses períodos de corte representando as subparcelas.



### 2.3.3. Período de avaliação dos teores de (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

O Experimento no Sistema de Intensificação Ecológica no Plantio Direto ocorreram no período avaliado de 1/11/2013 a 1/05/2014. No Sistema ILP e ILPF ocorreram em 1/02/2012 a 1/02/2013. O Cerrado Nativo foi avaliado durante os mesmo períodos.

### 2.4. Amostragens do Solo e determinação (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-5 cm, com o trado holandês, sendo composta de 3 amostras simples para determinação da umidade e da concentração de Nitrogênio mineral no solo (N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). (Figura 6). Após as coletadas em campo foram guardadas em um caixa térmica com gelo, até serem congeladas para inibir atividade microbiana, conseqüentemente, a mineralização do nitrogênio do solo.

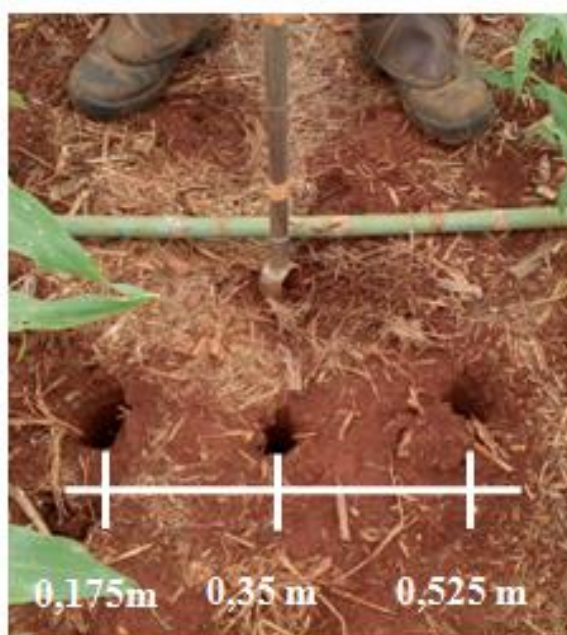


Figura 6. 3 amostras simples nas profundidades de 0-5,5-10 cm

O nitrogênio mineral do solo nas formas de nitrato (N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônio (N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) foi analisado por destilação por arraste de vapores (Embrapa, 1997). As amostras de solo, aproximadamente 10 g foram colocadas em potes com solução extratora de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, permanecendo em repouso por, pelo menos, 18 horas.

Na preparação da amostra foi necessário a determinação do teor de umidade da amostra, dada pelo Espaço Poroso Saturado com Água (EPSA %), que foram secas em estufa a 105° C durante 72 h, e utilizadas para a determinação da concentração de N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Foram pipetada uma alíquota de 10 ml da solução extraída, colocadas em tubos de ensaio para destilação. Para a determinação de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foram adicionados ao tubo de ensaio cerca de 0,25 g de óxido de magnésio e feita a destilação da amostra em destilador de arraste de vapores.

O condensado foi coletado em erlenmeyer de 50 ml, contendo 10 ml de solução indicadora de ácido bórico a 2%. Para determinação de N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi utilizada a mesma alíquota de 10 ml destilada anteriormente. A essa quantidade de extrato foi adicionada 0,25 g de liga de Devarda, que consiste em uma liga metálica composta por alumínio (45%), cobre (50%) e zinco (5%), e feita novamente a destilação dessa solução em destilador de arraste de vapores, o destilado foi coletado em um novo erlenmeyer com ácido bórico. O condensado obtido na destilação foi titulado com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,005 mol L<sup>-1</sup> para reação com borato de amônio formado.

## **2.5. Processamento e análises dos dados**

Posteriormente os dados foram transcritos para uma planilha e tratados. Utilizou-se o programa Sigma Plot versão 10.0 para gerar gráficos de distribuição temporal comparando os sistemas integrados e o Cerrado nativo e para determinar o Espaço Poroso Saturado com Água (EPSA%).

## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1. Sistemas Integrados ILP de ILPF e Cerrado Nativo**

Neste estudo, a variação total do nitrogênio mineral (N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foi de 0 a 93 mg N kg<sup>-1</sup> (Figuras 7). O teor médio de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0 a 93 mg N kg<sup>-1</sup>) foi geralmente mais elevado do que o teor de N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0 a 25 mg N kg<sup>-1</sup>). Além de o N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> apresentar maior média geral (11,8 mg N kg<sup>-1</sup> contra 3,2 mg N kg<sup>-1</sup>).



Os valores de nitrogênio mineral na forma de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) obtido e associados à presença de chuva, correspondem aos maiores teores indicando maior atividade microbológica na nitrificação. A concentração de  $\text{N-NO}_3^-$  atingiu valores acima de 10 ppm em novembro de 2012 no ILP e em fevereiro de 2013 no ILP e ILPF (Figura 7).

Os processos de precipitação e correção do PH pode estimular processos bioquímicos de nitrificação e desnitrificação, utilizando o N mineral ( $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$ ) como seu substrato (BAGGS; PHILIPPOT, 2010; DAVIDSON et al., 2000).

O período da seca proporcionou os menos valores N mineral, com o aumento da temperatura do solo e de sua umidade, após esse longo período de estiagem, deve ter reativado a microbiota do solo, devido ao maior substrato de matéria seca do sistema integrado ILP para as bactérias nitrificadoras que, na presença de água, foram reativadas, influenciando nos processos de nitrificação.

As concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  oscilaram pouco nos sistemas de ILP e ILPF, mas na área sob Cerrado Nativo apresentou vários picos que atingiram até 100 mg  $\text{N-NH}_4^+$   $\text{Kg}^{-1}$  no solo. Esses picos de  $\text{N-NH}_4^+$  podem estar associados à baixa atividade das bactérias nitrificantes devido ao baixo pH dos solos de Cerrado Nativo (LOPES et al., 2004, p. 39). Portanto, a forma amoniacal predominou no solo sob vegetação de Cerrado Nativo e a nítrica no solo sob ILP e ILPF.

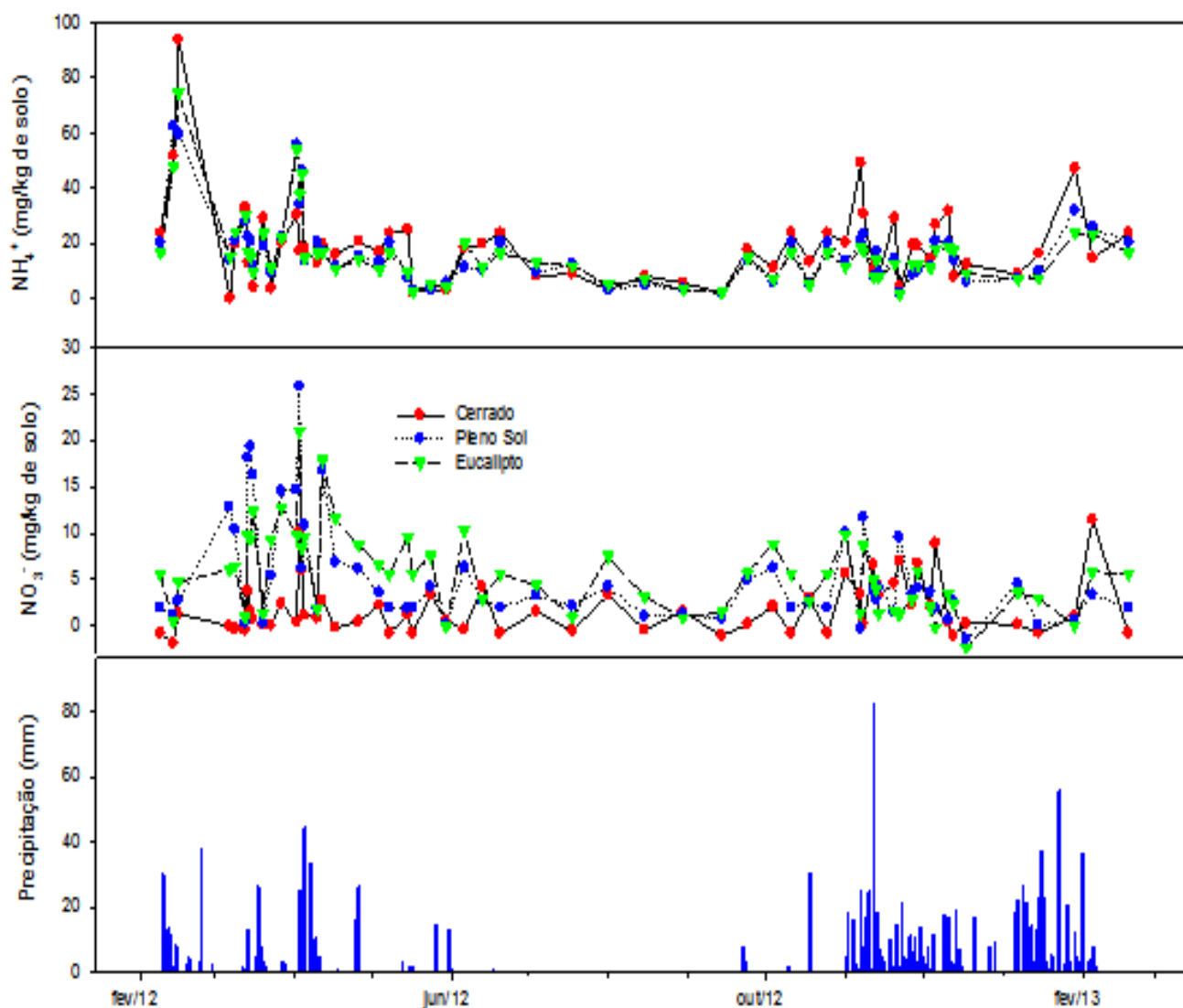


Figura 7. N mineral ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) e precipitação pluviométrica.

### 3.2. Sistema de Intensificação Ecológica Plantio Direto (SPD)

Houve a aplicação de N em cobertura na cultura de milho na dose de 65 kg N/ha nos dias 02/12/2013 e 16/12/2013. Os baixos valores de (N-  $\text{NH}_4^+$ ) antes da adição de (N) no solo, estão associados à baixa precipitação na área (Figura 8), em que níveis muito baixos de umidade do solo, a taxa de mineralização de N dos resíduos vegetais se torna mais lenta, reduzindo a disponibilidade de  $\text{NH}_4^+$  em solução. Essa redução decresce a atividade de bactérias nitrificantes, principalmente *Nitrobacter*, conseqüentemente, de  $\text{NO}_3^-$  (BAGGS; PHILIPPOT, 2010).

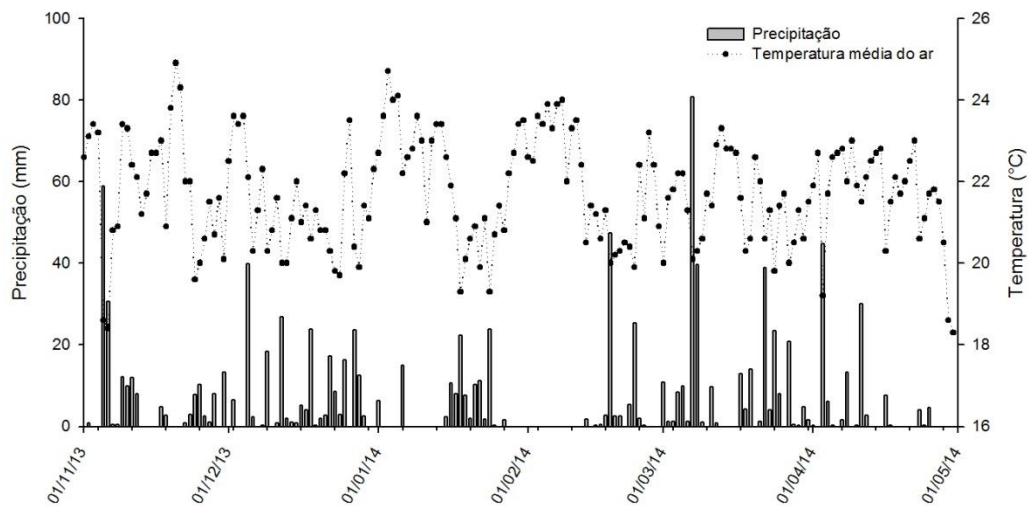


Figura 8. Precipitação no período de 01/11/2013 a 01/05/2014 na Estação meteorológica da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF.

Após a adição de fertilizante N na primeira fertilização de cobertura para o primeiro período, os teores de N-  $\text{NH}_4^+$  na parcela com uso de milho alcançaram um pico (21,07 mg N-  $\text{NH}_4^+$ ), valores 7 vezes superiores ao encontrado no cerrado nativo para o mesmo período, sendo de (3,08 mg N-  $\text{NH}_4^+$ ). Com a segunda aplicação de N apresentou um pico de (11,49 mg N-  $\text{NH}_4^+$ ) ao solo, estando bastante próximo ao cerrado (13,00 mg N-  $\text{NH}_4^+$ ). (Figura 09).

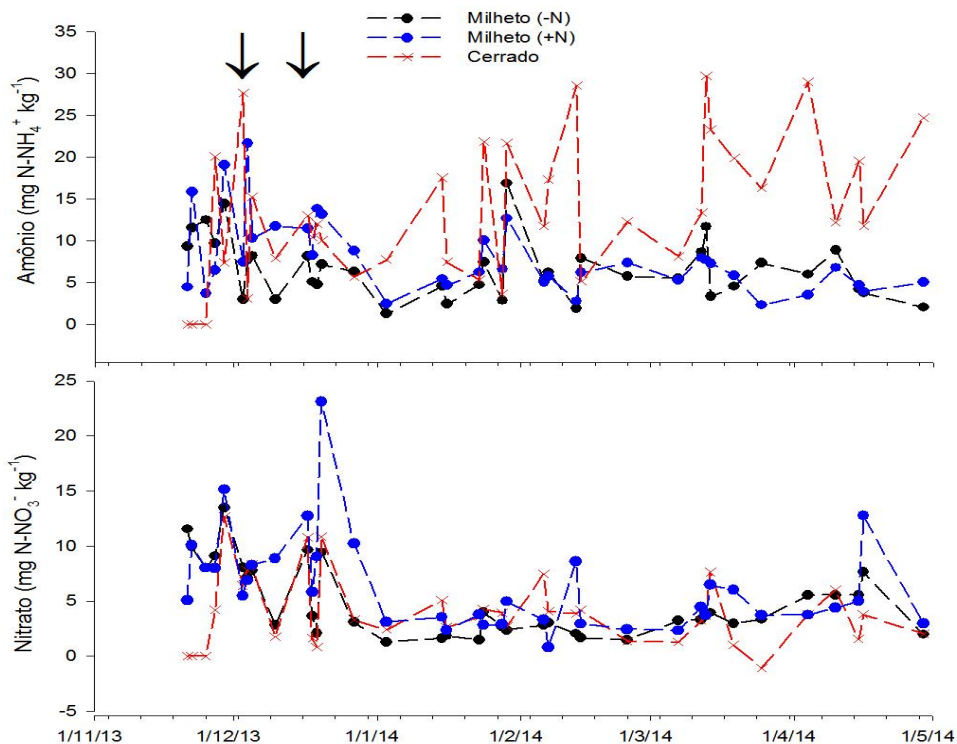


Figura 09. Teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo sob uso de milho e Cerrado Nativo

Em relação às parcelas sob uso de feijão-bravo-do-ceara após a primeira aplicação do N em cobertura no milho, os valores atingiram 22,83 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, estando bastante próximo ao Cerrado Nativo, sendo o valor de 27,68 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> para o dia 03/12/2013, ou seja, um dia depois da primeira aplicação de N em cobertura (Figura 10). O feijão-bravo-do-ceara obteve um teor de (15,05 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) logo após a aplicação o segundo período de adição de N, no dia 17/12/2013, onde a testemunha observou-se o valo próximo de (13,00 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Figura 10).

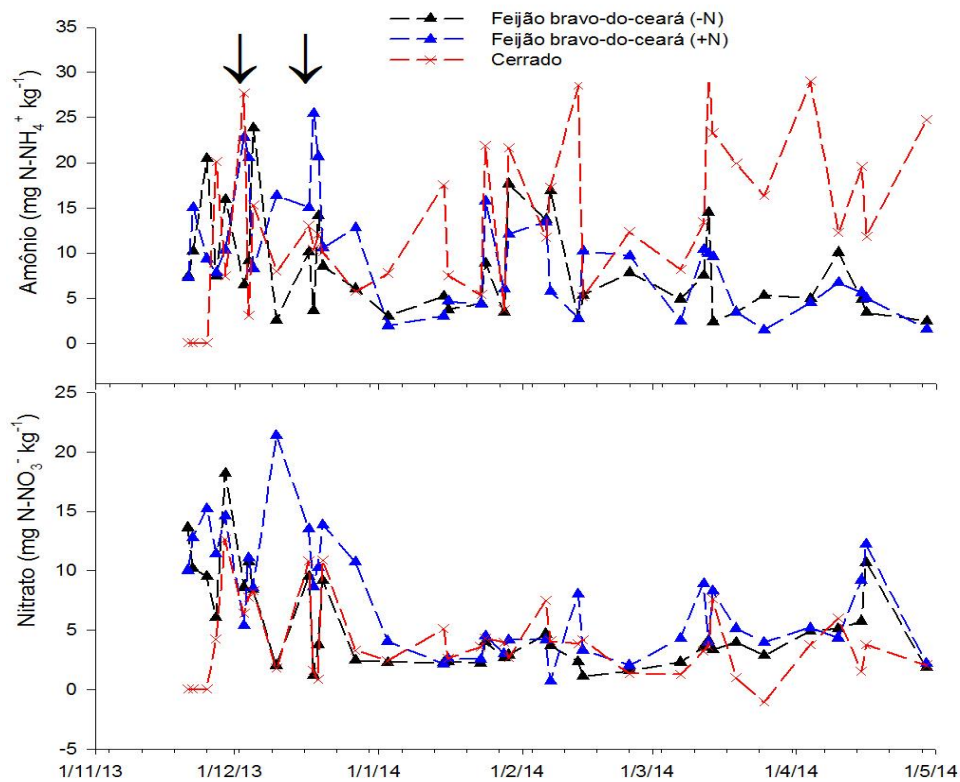


Figura 10. Teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo sob uso feijão-bravo-do-ceara e Cerrado Nativo

A área sob uso de braquiária ruziziensis (Figura 11) resultou no maior pico (40,74 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) detectado entre as plantas de cobertura avaliadas, dois dias depois (04/12/2013) da aplicação do fertilizante na forma de ureia, quando o solo de Cerrado Nativo apresentou um teor bastante baixo (3,08 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), já após a segunda aplicação os valores foram de (14,19 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e o cerrado nativo de (12,04 mg N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Figura 11).

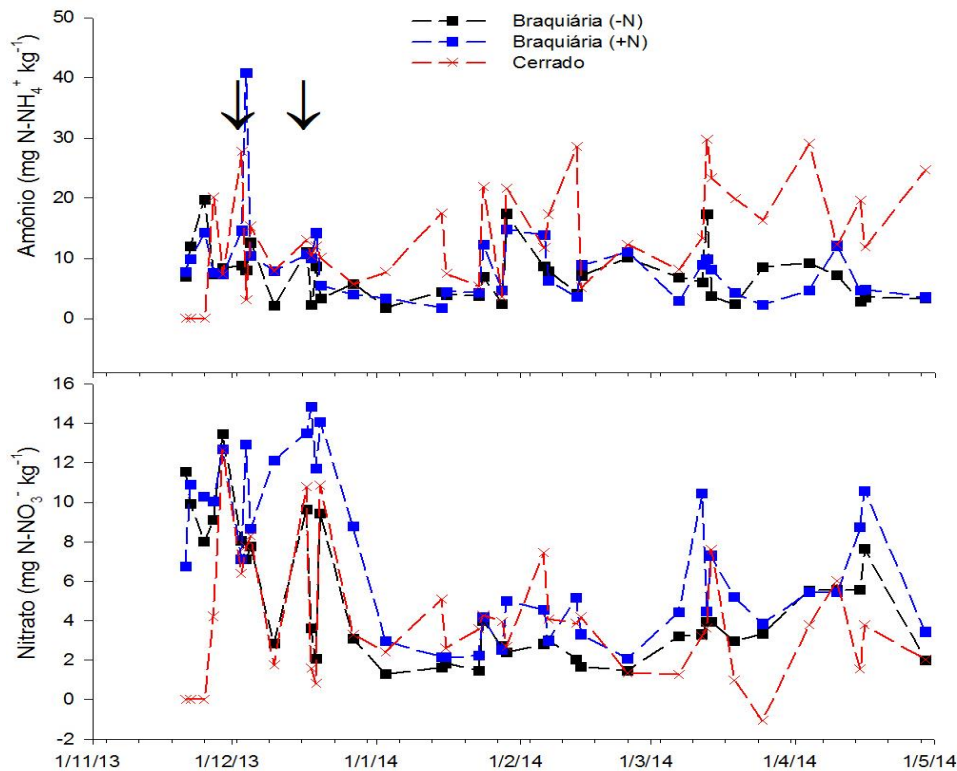


Figura 11. Teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo sob uso de braquiária *ruziziensis* e Cerrado Nativo

Os valores de  $\text{N-NH}_4^+$  bastante superiores encontrados logo após adubação nos sistemas integrados em comparação com o Cerrado Nativo podem ser explicados pela adição do fertilizante nitrogenado no solo.

Esse incremento causa um aumento na incorporação do N pelas bactérias nitrificantes propiciando um crescimento em sua biomassa (SALET, 1994) e na taxa de mineralização, disponibilizando uma maior quantidade de N amoniacal para planta (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

O maior teor de N mineral na forma  $\text{N-NH}_4^+$  no solo sob uso de braquiária *ruziziensis* se deve provavelmente à maior produção de biomassa aérea e radicular e maior teor de lignina em relação aos outras plantas de cobertura, o que posteriormente irá contribuir para incremento da produção de material em decomposição, conseqüentemente, nutrientes ao solo. Segundo Fontaneli et al (2009), a aplicação de fertilizante nitrogenado pode proporcionar um resposta na quantidade e no valor nutritivo da forragem produzida.

Silva e Monteiro (2006), estudando a produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainha do capim-braquiária, observaram que a sua produção está intimamente ligada as doses de nitrogênio aplicadas. Os teores de N na segunda aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura no dia 16/12/2013 associados a presença de chuva mostraram um decaimento nos valores de N-  $\text{NH}_4^+$  para as plantas de cobertura.

Observou-se que os valores de N mineral N- $\text{NH}_4^+$  encontrados após a segunda adição de fertilizante nitrogenado, foi menor em relação à primeira. Entretanto os valores de precipitação e umidade no solo (EPSA %) aumentaram no mesmo período (Figura 12). O que pode ter reativado a atividade de bactérias nitrificantes, transformando o N disponível na forma de amônio para nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), como pode ser observado nas figuras.

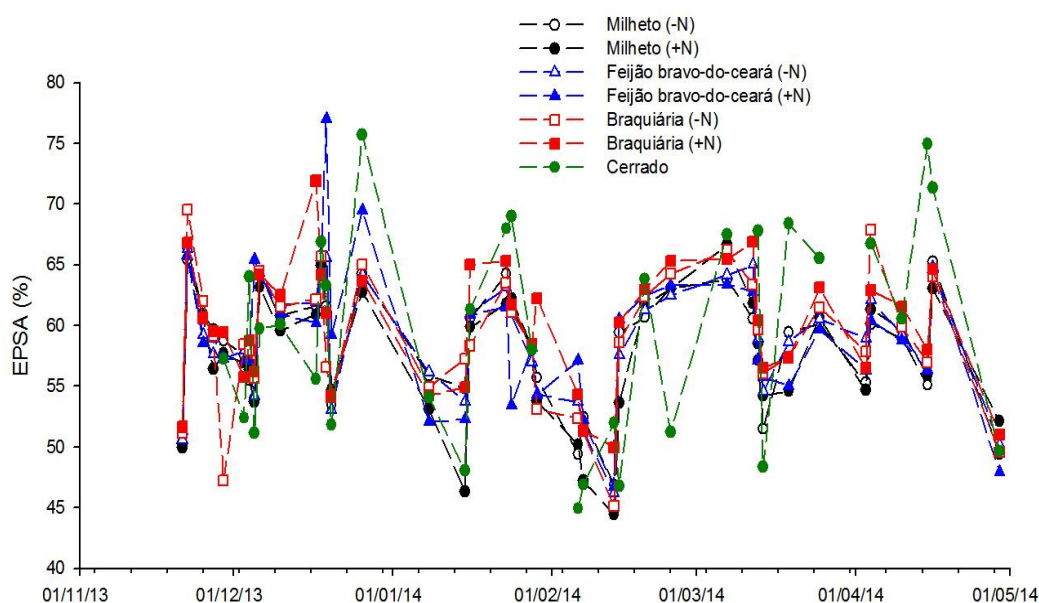


Figura 12. Espaço Poroso Saturado com Água (EPSA %) sob uso das plantas de cobertura.

O N-  $\text{NH}_4^+$  predominou no cerrado nativo como também observado nos sistemas ILP e ILPF. Possivelmente esses teores foram maiores para o nitrogênio na forma amoniacal devido a um maior aporte de MOS disponibilizado nesse ambiente por um maior período, favorecendo a atividade microbiana e processos como mineralização de N na forma de  $\text{NH}_4^+$ .

Andréa et al (2004), estudado o nitrogênio mineral em diferentes sistemas de manejo. Observou que em um plantio direto com aplicação de 500 kg/há de N no plantio e adubação das plantas de cobertura com 280 kg/há de uréia em cobertura. Observou que os teores de nitrogênio na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) foram maiores no cerrado nativo.

Para os teores de ( $\text{NO}_3^-$ ) após a aplicação do fertilizante nitrogenado nas plantas de cobertura com 65 kg N/ha nos dias 02/12/2013 e 16/12/2013, os valores do nitrato resultaram numa maior variação em relação ao solo de Cerrado Nativo o que pode ser visualizado nas curvas do gráfico.

No período da aplicação de fertilizante nitrogenado os valores no solo sob uso de milho (Figura 10) para o dia 20/12/2013 e o feijão-bravo-do-ceara (Figura 11) no dia 09/12/2013, foram os que alcançaram os maiores picos, estando entre (23,08 e 21,74 mg N-  $\text{NO}_3^-$ ) respectivamente. Para a braquiária ruziziensis (Figura 12) os valores chegaram a 12,92 mg N-  $\text{NO}_3^-$  no dia 04/12/2013 e 14,82 mg N-  $\text{NO}_3^-$  para o dia 18/12/2013.

A correção do pH pode ter sido também um dos fatores de influência nesse processo. Pois as atividades dos microrganismos são muito sensíveis ao pH (LOPES et al., 2004). E bactérias nitrificantes atingem níveis muito baixo a pH inferior 5,5-6,0 (ANDRÉA et al., 2004). Por isso com a correção da acidez no SPD, o pH ficará mais elevado do que no cerrado nativo, onde se obteve teores mais elevados de N mineral na forma de N-  $\text{NH}_4^+$ .

### **3.3. Meio Ambiente**

O Brasil destaca-se por sua grande biodiversidade, que não é totalmente conhecida ou aproveitada. Ressalta-se o processo rápido que está levando à eliminação dessa riqueza em potencial. Um dos casos mais antigos, acontece na Mata Atlântica, explorada durante um longo período e que hoje é restrita a menos de 7 % de seu tamanho original. A também a Amazônia da qual mais 17 % foram desmatados. Além do Cerrado, com mais de 50 % de sua área original completamente ocupada por atividades produtivas.

Sendo essas atividades antropogênicas responsáveis por aumentar as concentrações de Gases do Efeito Estufa (GEE's) na atmosfera. Onde segundo dados do IPCC (2007) pode causar uma alteração na temperatura média do planeta de 5,8 °C nos próximos cem anos.

Estudos demonstram que a agricultura contribui para respectivamente, 25%, 65% e 90% do total das emissões antropogênicas para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Observa-se que o gás com maior emissão é proveniente da dinâmica do N na superfície terrestre, como resultado do uso de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica de nitrogênio e incorporação de resíduos culturais (Lima, 2000).

Juntos a esses fatores os Sistemas Integrados de Intensificação Ecológica (ILP, ILPF e SPD), demonstram que podem mitigar essas emissões. Pois segundo os dados apresentados os SPD houve uma média de variação total de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (8,7 mg N) superior em relação a mesma variação para o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (6,9 mg mg N). Para qual podemos inferir pela dinâmica do N que esses sistemas proporcionaram uma menor emissão de N<sub>2</sub>O. Pois os processos de nitrificação ocorreram em menor quantidade em relação ao processo de amonificação, sendo através da passagem desses processos que ocorrem a liberação desse gás.

A incorporação desses sistemas (ILP, ILPF e SPD) com a premissa de uma menor utilização de máquinas e implementos agrícola, também pode proporcionar uma diminuição das emissões de GEE's pela menor utilização de combustíveis fósseis.

#### **4. Conclusões**

##### **Nas condições desse estudo, conclui-se que:**

- A forma amoniacal predomina no solo sob vegetação de Cerrado Nativo.
- A forma nítrica predomina no solo sob ILP e ILPF e SPD, sistemas nos quais a nitrificação foi mais eficiente.
- A aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura à cultura de milho no Sistema Plantio Direto favorece incrementos das formas nítrica e amoniacal no solo, mas sobretudo de nitrato.



- Práticas sustentáveis em sistemas de produção agropecuária podem se assimilar a um ambiente natural.
- O uso dos Sistemas de Intensificação Ecológica podem proporcionar uma melhor qualidade do ambiente e de sua biodiversidade, além de diminuir a emissão de gases causadores do efeito estufa.
- Devido a uma menor utilização de fertilizantes e agrotóxicos esses sistemas podem minimizar a contaminação do lençol-freático ou cursos de água.

## 5. Referências bibliográficas

AITA, C; GIACOMINI, S. J; HUBNER, A. P; CHIAPINOTTO, I. C; FRIES, M. R. **Consortiação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: Dinâmica do nitrogênio no solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 28, p. 739-749. 2006.

BAGGS, E. M; PHILIPPOT. L. **Microbial Terrestrial Pathways to Nitrous Oxide.** In: **SMITH, K. (ed). Nitrous Oxide and Climate Change.** Earthscan, London, p. 4-36, 2010.

BEUCHLE, R., GRECCHI, R.C., SHIMABUKURO, Y.E., SELIGER, R., EVA, H.D., SANO, E., ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. Applied Geography, v. 58, p. 116-127. 2015.

CANTARUT, B. R; MAIA, E. C. **Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Pernambuco, v. 8, n. 1, p. 39-44. 2004.

CARDOSO, N.A; SAMINÉZ, C. T; VARGAS, A. M. **Fluxos de gases-traço de efeito estufa na interface solo/atmosfera em solos de cerrado.** Planaltina, 2001. Disponível em: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Fluxo-de-Gases-traco-de-Efeito Estufa-na-Interface-Solo-Atmosfera-em-Solos-de-Cerrado-%20(1).pdf>. Acessado em: 2 de Set. 2014.

CARVALHO, A. M; BUSTAMANTE, M. M. C; KOZOVITS, A. R; MIRANDA, L. N; VIVALDI, L. J. **Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de ureia sob plantio convencional e direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.4, p.679-685. 2006.

CUNHA, S. R. N; LIMA, J. E; GOMES, M. F. M; BRAGA, M. J. **A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos cerrados, Brasil.** São Paulo, v. 46, n. 02, p. 291-323. abr/jun. 2008.

D'ANDRÉA, A.F; SILVA, M.L.N; CURI, N; GUILHERME, L.R.G. **Estoques de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39: 179-186, 2004.

DAVIDSON, E. A, KELLES, M., ERICKSON, H. E., VERCHOT, L. V., VELDKAMP, E. **Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides.** Biociência. v. 50, n. 8, p. 667-680, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa de Solos. **O Cerrado.** Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade/ocerrado/>>: Acessado em: 10 de fev. 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2013. 353p.

FILHO, G. A, et al. **Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 953-957. 2000.

FONTANELI, R. S; SANTOS, H. P; FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL BRASILEIRA.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

GOEDERT, J. W. **Solos dos Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo.** São Paulo: Nobel, 1985. p 167.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climatic Change: Synthesis Report.** Cópia não editada, 2007. 23 p.

JUNIOR, A. A. B; MORAES, A; VEIGA, M; PELISSARI, A; DIECKOW, J. **Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933. 2009.

KLINK, A. C; MACHADO, B. R. **A conservação do cerrado brasileiro.** Mega Diversidade, Brasília, v. 1, n. 1, p. 147-155. 2005.

KLUTHCOUSKI, J, et al. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais.** 1 ed. Santo Antônio: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 9.

LIMA, M. A. **Emissão de gases de efeito estufa provenientes de sistemas agrícolas no Brasil**. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, v. 3, n. 17, p. 38-43, 2000.

LOBO, R. J; FIORAVANTI, S. C. M. O. **Dinâmica da paisagem do cerrado revisão da literatura**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2013. Disponível em: <[https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Semin%C3%A1rio\\_1-2013\\_Joyce.pdf](https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Semin%C3%A1rio_1-2013_Joyce.pdf)>: Acessado em: 10 de fev. 2015. p. 11.

LOPES, S. A; GUILHERME, G. R. L. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos**. 3 ed. São Paulo: Anda, 2000. p. 7.

LOPES, A. S; WIETHOLTER, S; GUILHERME, L. R. G; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA. 2004. p 39

MMA. **O bioma cerrado**. Ministério do Meio Ambiente, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>: Acessado em: 10 de fev. 2015.

MMA. **Programa nacional de conservação e uso sustentável do bioma cerrado**. Ministério do Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf/\\_arquivos/programa\\_bioma\\_cerrado.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf/_arquivos/programa_bioma_cerrado.pdf)> Acessado em: 10 de fev. 2015.

MOREIRA, F. M. S; SILVA, K; NÓBREGA, R. S. A; CARVALHO, F. **Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações**. Comunicata Scientiae, n. 2, p. 74-99. 2010.

NASCENTE, S. A; WANDER, A. E; NETO, A. F. G. N, et al. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. In: AIDAR, H; KLUTCHOUSKI, J. *Manejo da adubação nitrogenada*. 1 ed. Santo Antônio: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 271-277.

NASCENTE, S. A; WANDER, A. E; NETO, A. F. G. N, et al. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. In: KLUTCHOUSKI, J; SOARES, M. D. *Manejo da calagem e da adubação de fundação*. 1 ed. Santo Antônio: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 175-178.

PADUA, B. H. B. **Sem nitrogênio não há vida: O ciclo do nitrogênio**. Disponível em:<<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/revistas/33/nitrogenio.asp>>: Acessado em: 3 de Jan. 2015. p. 11.

PAZINATO, C. A; VARELLA, A. C; JUNIOR, A. N, et al. **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na região Sul-Brasileira**. 1. ed. Rio Grande do Sul: Embrapa Trigo, 2009. p. 283.

PONTES, C. N. M; FERREIRA, G. L; SANO, E. E. **Detalhamento de fitofisionomias do bioma cerrado a partir de imagens contraste sazonal MODIS EVI**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. XIV, 2009. Natal, Brasil. Anais... INPE, 2009

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e flora, Embrapa Cerrados, 2008.

SALET, R.L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto**. Porto Alegre, Federal do Rio Grande do Sul, 1994. (Dissertação).

Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2 v, cap. 6.

SANO, E. E; ROSA, R; BRITO, J. L; FERREIRA, J. L. G. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados**. Planaltina: Embrapa Cerrados (Boletim de Pesquisa), 2007.

SANO, E. E., ROSA, R., BRITO, J. L. S., FERREIRA, L. G.. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SILVA, E. M. B; MONTEIRO, F. A. **Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.35, n.4, p.1289-1297, 2006.

SILVA, E. C. MURAOKA, T; BUZETTI, S; GUIMARÃES, G. L; TRIVELIN, P. C. O; VELOSO, M. E. C. **Utilização do nitrogênio (N<sub>15</sub>) residual de coberturas de solo e da uréia pela cultura do milho**. Revista Brasileira de Ciência no Solo. n. 30, p. 965-974. 2006.

SILVA, J. C; SILVA, I, P; SILVA, E. M; RIBEIRO, E, S; MOREIRA, E. L; PASA, M. C. **Sucessão ecológica no cerrado**. Mato Grosso, 2012. Disponível em:<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MHFYkgrtAJ:periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/flovet/article/download/788/622+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br:>>> Acessado em: 20 de Abr. 2015.

SILVEIRA, D. P. A; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. São Paulo: Instituto Agronômico Campinas, 2007. Disponível em: <[http://www.cisguanabara.unicamp.br/redeagroecologia/arquivos/biblagroecologia/microbiotado\\_solo.pdf](http://www.cisguanabara.unicamp.br/redeagroecologia/arquivos/biblagroecologia/microbiotado_solo.pdf)>: Acessado em: 3 de Jan. 2015. p. 11.

SILVEIRA, P. M; STONE, L. F. **Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, n. 2, p.387-394. 2001.

SUHET, A. R; PERES, J. R. R; VARGAS, M. A. T. V. **Solos dos Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo.** In: SUHET, R. A, et al. *Nitrogênio*. São Paulo: Nobel, 1986. p 167-202.

WEBER, A. M; MIELNICZUK, J. **Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração.** Revista Brasileira de Ciência no Solo. n. 33, p. 37-45. 2009.