

**JESSICA APARECIDA DA SILVA**

**INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO NITROGENADA NAS  
CULTURAS DA MANDIOCA E BATATA**

**Botucatu  
2018**



**JESSICA APARECIDA DA SILVA**

**INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO NITROGENADA  
NAS CULTURAS DA MANDIOCA E BATATA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes

**Botucatu  
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S586i      Silva, Jessica Aparecida, 1994-  
            Inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada nas culturas da mandioca e batata / Jessica Aparecida da Silva. - Botucatu: [s.n.], 2018  
            138 p.: il., grafs., tabs.

            Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018  
            Orientador: Adalton Mazetti Fernandes  
            Inclui bibliografia

            1. Mandioca - Adubação. 2. Batata - Adubação. 3. Nitrogênio. 4. *Azospirillum brasiliense*. I. Fernandes, Adalton Mazetti. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

Elaborada por Maria Lúcia Martins Frederico - CRB-8:5255

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO NITROGENADA NAS CULTURAS DA MANDIOCA E BATATA**


**AUTORA: JESSICA APARECIDA DA SILVA**

**ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES**

**Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:**



**Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES**  
CERAT / Universidade Estadual Paulista - UNESP



**Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES**  
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



**Dr. JOSÉ CARLOS FELTRAN**  
Seção de Raízes e Tubérculos / Instituto Agronômico de Campinas

**Botucatu, 25 de julho de 2018**



A **Deus** e a **Nossa Senhora Aparecida**, aos meus pais, **José Antonio da Silva** e **Tereza Cristina Andrade da Silva**, por acreditarem em mim e sempre estarem ao meu lado nos momentos de dificuldade e conquistas. Ao meu Irmão **Jefferson Antonio da Silva**, pelas palavras de apoio e incentivo.

**Dedico**





## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida por me proporcionar este grande momento e por estar comigo em todos os momentos da minha vida, e assim cumprir mais uma etapa em minha vida.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), pela oportunidade de realização do mestrado e dedicação de seus docentes.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) por disponibilizar a infraestrutura necessária.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, pela atenção, dedicação, ensinamentos, pela paciência e orientação, para que fosse possível o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos de pós-graduação Gyslane, Luan, Ricardo, Emerson, Gabriela, Jason, Jesion, Bruno, Nathane, Marcelo, Nathalia Ribeiro e Rudiele pelo auxílio prestado durante a realização deste projeto e pela grande amizade e respeito criada por nós durante este período, não tenho palavras para agradecer o quanto vocês são importantes na minha vida.

Aos meus amigos que eu tanto amo e que admiro muito que mesmo de longe ou de perto sempre me apoiaram para eu estar aqui Elder Mattos, Karine, Camila Caetano e Leonardo Nogueira, sem palavras para expressar o quanto vocês são importantes para mim.

Aos funcionários do Cerat, Luiz e Danilo pelo apoio, convivência e amizade.



“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens,  
mas em ter novos olhos”.

Marcel Proust



## RESUMO

Uma tecnologia que permite reduzir a adubação nitrogenada mineral aplicada nas culturas é a inoculação das plantas com *Azospirillum brasilense*, uma bactéria que proporciona benefícios para as plantas que vão além da fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional, o acúmulo de matéria seca (MS), a partição de carboidratos e açúcares redutores, a produtividade e a eficiência de uso do N absorvido pelas plantas de mandioca e batata em resposta a inoculação de *Azospirillum brasilense* em combinação com a adubação nitrogenada. Foram conduzidos quatro experimentos, ou seja, dois em solo natural e dois em solo estéril envolvendo as culturas da batata e da mandioca. Para cada experimento o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 2x4, com quatro repetições. Nos experimentos com mandioca (solo natural e estéril) os tratamentos foram representados por 2 formas de fornecimento de *Azospirillum brasilense* (**1** - Com aplicação de *Azospirillum brasilense*; **2** - Sem aplicação de *Azospirillum brasilense*), combinadas com quatro doses de N (0, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup> de N). Nos experimentos com batata (solo natural e estéril) as formas de inoculação de *Azospirillum brasilense* foram as mesmas da mandioca, mas as doses de N foram de (0, 75, 150 e 300 mg dm<sup>-3</sup> de N). Cada parcela foi representada por um vaso de 38 dm<sup>3</sup> contendo uma planta de mandioca e para a batata foi utilizado vasos de 25L. A esterilização do solo foi realizada em autoclave. Na mandioca, as doses de N foram aplicadas metade aos 15 e metade aos 40 dias após a emergência e na batata o N foi parcelado entre 1/3 no plantio, 1/3 aos 15 e 1/3 aos 40 dias após a emergência. Nos tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* foram aplicados 20 ml do produto comercial (Nod) contendo 2,0 x 10<sup>8</sup> células viáveis por ml, das estirpes Ab-V5 e Ab-V6. Portanto é recomendado a inoculação do *A. brasilense* para a cultura da mandioca, pois teve aumento da produtividade quando inoculado com a bactéria, entre vários fatores. É recomendado realizar a inoculação da cultura da mandioca com *A. brasilense*, porque a inoculação da bactéria aumenta o crescimento e a produtividade da mandioca. Na cultura da batata não há razão para se realizar a inoculação das plantas com *A. brasilense*, porque a inoculação da bactéria não promove benefícios para essa cultura.

Palavras-chave: Nutrição mineral. Bactéria diazotrófica. *Solanum tuberosum*.  
*Manihot esculenta*.

## ABSTRACT

One technology that reduces nitrogen fertilization applied in crops is the inoculation of plants with *Azospirillum brasilense*, a bacterium that provides benefits to plants that go beyond fixing biology of atmospheric nitrogen (N<sub>2</sub>). Thus, the objective of this work was to evaluate the nutritional status, dry matter accumulation (DM), carbohydrate and reducing sugar partition, productivity and N use efficiency absorbed by cassava and potato plants in response to inoculation of *Azospirillum brasilense* in combination with nitrogen fertilization. Four experiments were conducted, ie two in natural soil and two in sterile soil involving the potato and cassava crops. For each experiment, the experimental design was a randomized block design in the 2x4 factorial scheme, with four replications. In the experiments with cassava (natural and sterile soil) the treatments were represented by 2 forms of *Azospirillum brasilense* (1 - With application of *Azospirillum brasilense*), combined with four doses of N (0, 50, 100 and 200 mg dm<sup>-3</sup> of N). In the experiments with potato (natural and sterile soil) the inoculation forms of *Azospirillum brasilense* were the same as those of cassava, but the N doses were 0, 75, 150 and 300 mg dm<sup>-3</sup> of N. Each plot was represented by a 38 dm<sup>3</sup> vessel containing a cassava plant and 25L vessels were used for the potato. The soil sterilization was performed in an autoclave. In cassava, N doses were applied half at 15 and half at 40 days after emergence and in potato N was split between 1/3 at planting, 1/3 at 15 and 1/3 at 40 days after emergence. In the treatments with inoculation of *Azospirillum brasilense*, 20 ml of the commercial product (Nod) containing 2.0 x 10<sup>8</sup> viable cells per ml of the Ab-V5 and Ab-V6 strains were applied. Therefore, it is recommended inoculation of *A. brasilense* for cassava cultivation, since it increased productivity when inoculated with the bacterium, among several factors. It is recommended to inoculate the cassava crop with *A. brasilense*, because inoculation of the bacterium increases cassava growth and productivity. In the potato crop there is no reason to inoculate the plants with *A. brasilense*, because the inoculation of the bacterium does not promote benefits for this crop.

Keywords: Mineral nutrition. Diazotrophic bacteria. *Solanum tuberosum*. *Manihot esculenta*.





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m antes e depois da correção e adubação de solo.....	40
Tabela 2- Atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m antes e depois da correção e adubação do solo.....	47
Tabela 3 - Teor de N na folha diagnose da mandioca aos 4 e 6 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	53
Tabela 4 - Índice relativo de clorofila nas folhas da cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	54
Tabela 5 - Número de hastes por planta e diâmetro de hastes na cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	58
Tabela 6 - Número de folhas por planta na cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	60
Tabela 7- Altura de planta (cm) na cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	61
Tabela 8 - Área foliar das plantas (cm <sup>2</sup> /pl) da cultura da mandioca aos 8 MAP em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	62
Tabela 9 - Número e comprimento (cm) de raízes tuberosas por planta da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	64
Tabela 10 – Diâmetro das raízes e produtividade de raízes tuberosas por planta da cultura da mandioca aos 8 MAP em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	66
Tabela 11 - Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes absorventes, raízes tuberosas e na planta inteira da cultura da mandioca em função	

de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	69
Tabela 12 - Partição de MS para as folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas na cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	72
Tabela 13 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas folhas e hastes da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	76
Tabela 14 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas cepas e raízes absorventes da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	77
Tabela 15 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	78
Tabela 16 - Teor de N nas folhas, hastes, cepas, raízes absorvente e raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e solo estéril.....	83
Tabela 17 - Acúmulo de N nas folhas, hastes, cepas, raízes absorvente e raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	84
Tabela 18 - Acúmulo de N na planta inteira da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	86
Tabela 19 – Eficiência de uso do N absorvido pelas plantas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	87
Tabela 20 – Porcentagem de MS nas raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	88
Tabela 21- Teor de proteína nas raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	89

Tabela 22 - Teor de N na folha diagnose aos 30 DAE da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	90
Tabela 23 - Índice relativo de clorofila (IRC) nas folhas da cultura da batata aos 30, 40 e 60 DAE em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	92
Tabela 24 - Número de hastes por planta aos 40 DAE e comprimento da haste principal aos 40, 60 DAE e na colheita da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril. ....	94
Tabela 25 - Comprimento médio das hastes aos 40, 60 DAE e na colheita da batata, em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	95
Tabela 26 - Número de folhas da haste principal aos 40, 60 DAE e na colheita na cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	96
Tabela 27 - Número de folhas por planta aos 40, 60 DAE e na colheita da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	98
Tabela 28 - Número de tubérculos por planta e produtividade da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	100
Tabela 29 - Acúmulo de MS nas folhas, hastes, raízes absorventes, tubérculos e na planta inteira da cultura batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	103
Tabela 30 - Partição de MS para as folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	106
Tabela 31 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas folhas e hastes da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	110

Tabela 32 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas raízes absorvente e tubérculos da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	112
Tabela 33 - Teor de N nas folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	115
Tabela 34 - Acúmulo de N nas folhas, hastes, raízes absorventes, tubérculos e na planta inteira da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	118
Tabela 35 - Eficiência de uso de N absorvido pela cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril .....	120
Tabela 36 - Porcentagem de MS nos tubérculos da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril.....	121
Tabela 37 - Teor de proteína nos tubérculos da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de <i>A. brasilense</i> em solo natural e estéril....	122

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de N foliar da mandioca aos 6 MAP cultivada em solo estéril. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barra verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....53
- Figura 2 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o diâmetro das hastes aos 4 MAP (A) e 6 MAP (B) em solo natural. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....59
- Figura 3 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para número de folhas da mandioca aos 6 MAP solo natural (A) e 8 MAP em solo natural (B) e estéril (C). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*, Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....60
- Figura 4 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para altura de plantas aos 6 MAP no solo natural (A) e aos 8 MAP no solo estéril (B). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....61
- Figura 5 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a área foliar no solo estéril da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....62
- Figura 6 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número de raiz tuberosa no solo estéril (A), comprimento de raiz no solo natural (B) e comprimento de raiz no solo estéril (C) da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....64

- Figura 7 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de para produtividade de raízes no solo natural (A), produtividade de raízes no solo estéril (B). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum* Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )..... 66
- Figura 8 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a MS das cepas no solo estéril (A) e MS das raízes tuberosas nos solos natural (B) e estéril (C). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*; Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 70
- Figura 9 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a partição de MS nas raízes tuberosas da mandioca no solo estéril. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )..... 73
- Figura 10 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para teor de AR nas folhas do solo natural (A), teor de amido nas folhas do solo natural (B) e estéril (C), teor de amido nas hastes do solo natural (D), teor de AR nas cepas do solo natural (E), teor de amido nas cepas do solo natural (F) e teor de amido nas raízes tuberosas do solo natural (G) da cultura da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 79
- Figura 11 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de N nas folhas no solo estéril (A), teor de N nas cepas no solo natural (B), teor de N nas raízes absorventes no solo natural (C), teor de N nas raízes tuberosas no solo natural (D) da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 85
- Figura 12 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o acúmulo de N nas cepas no solo estéril (A), acúmulo de N nas raízes tuberosas, solo natural (B), acúmulo de nitrogênio nas raízes tuberosas, solo estéril (C), acúmulo de

N na planta inteira no solo estéril (D), da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ).....86

Figura 13 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para porcentagem de MS nas raízes tuberosas no solo estéril, da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....88

Figura 14 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de proteína nas raízes tuberosas no solo natural (A), teor de proteína nas raízes tuberosas no solo estéril (B), da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....89

Figura 15 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o índice SPAD nas folhas da batata aos 60 DAE em solo estéril. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*, para. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....92

Figura 16 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número de hastes por planta aos 40 DAE no solo estéril (A), comprimento médio das hastes aos 60 DAE no solo natural (B), número de folhas da haste principal aos 40 DAE no solo natural (C), número de folhas da haste principal na colheita no solo natural (D) da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) .....97

Figura 17 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número total de folhas por planta aos 40 DAE no solo estéril (A), número de folhas por planta aos 60 DAE no solo natural (B), número folhas por planta aos 60 DAE no solo estéril (C), número de folhas na colheita no solo natural (D), número de folhas por planta na colheita no solo estéril (E) da batata. SEM= sem

*Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 99

Figura 18 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número de tubérculos por planta no solo natural (A), número de tubérculos por planta no solo estéril (B) da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 101

Figura 19 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para MS de raízes absorventes no solo estéril (A), MS de tubérculos no solo natural (B), MS de tubérculos no solo estéril (C), MS da planta inteira no solo estéril (D), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 104

Figura 20 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a partição de MS das folhas no solo natural (A), partição de MS das raízes absorventes no solo estéril (B), partição de MS nos tubérculos no solo estéril (C) da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 107

Figura 21 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de AR nas folhas nos solos natural (A) e estéril (B), teor de amido nas folhas nos solos natural (C) e estéril (D), teor de AR nas hastes nos solos natural (E) e estéril (F), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 111

Figura 22 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e a diferentes formas inoculação de *A. brasilense* para o teor de amido nas hastes no solo natural (A), teor de AR nas raízes absorventes nos solos natural (B) e estéril (C), teor de amido nas raízes absorventes no solo natural (D), teor de AR nos tubérculos no solo estéril (E), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) ..... 113

Figura 23 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de N nas folhas no solo



natural (A), teor de N nas hastes no solo estéril (B), teor de N nas raízes absorventes no solo estéril (C), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )

..... 116

Figura 24 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o acúmulo de N nas folhas no solo natural (A), acúmulo de N nas hastes nos solos natural (B) e estéril (C), acúmulo de N nas raízes absorventes no solo estéril (D), acúmulo de N nos tubérculos nos solos natural (E) e estéril (F), na batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )..... 119

Figura 25 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para acúmulo de N na planta inteira nos solos natural (A) e estéril (B), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )..... 120

Figura 26 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de para o teor de proteína nos tubérculos no solo natural da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )..... 122



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	29
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	32
2.1 Cultura da mandioca .....	32
2.2 Adubação nitrogenada na cultura da mandioca .....	32
2.3 Cultura da batata.....	33
2.4 Adubação nitrogenada na cultura da batata .....	34
2.5 Uso de bactérias diazotróficas .....	35
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	39
3.1 Local de condução do experimento .....	39
3.2 Experimento com mandioca.....	39
3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos .....	39
3.2.2 Instalação e condução do experimento .....	39
3.2.3 Avaliações .....	41
3.2.3.1 Diagnose Foliar .....	41
3.2.3.2 Índice relativo de clorofila nas folhas.....	42
3.2.3.3 Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta.....	42
3.2.3.4 Área foliar .....	42
3.2.3.5 Número, comprimento, diâmetro e produção de raízes tuberosas.....	42
3.2.3.6 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas.....	43
3.2.3.7 Partição de MS para as folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas.....	43
3.2.3.8 Determinação dos teores de amidos e de açúcares redutores em folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas.....	43
3.2.3.9 Teor, acúmulo e exportação de N.....	44
3.2.3.10 Eficiência de uso do N absorvido .....	45
3.2.3.11 Índices de qualidade das raízes tuberosas produzidas.....	45
a) Porcentagem de MS nas raízes tuberosas .....	45
b) Teor de proteína bruta nas raízes tuberosas .....	45

3.3. Experimento com batata.....	46
3.3.1. Delineamento experimental e tratamentos .....	46
3.3.2. Instalação e condução do experimento .....	46
3.3.3. Avaliações .....	47
3.3.3.1 Diagnose foliar .....	47
3.3.3.2 Índice relativo de clorofila nas folhas.....	48
3.3.3.3 Número de hastes por planta, altura da haste principal, altura média das demais hastes, número de folhas da haste principal e número de folhas por planta .....	48
3.3.3.4 Número e produção dos tubérculos .....	48
3.3.3.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, raízes e tubérculos .....	48
3.3.3.6 Partição de MS para as folhas, hastes, raízes e tubérculos .....	49
3.3.3.7 Determinação de teores de amido e de açúcares redutores nas folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos .....	49
3.3.3.8 Teor, acúmulo e exportação de N .....	50
3.3.3.9 Eficiência de uso de N absorvido .....	50
3.3.3.10 Índices de qualidade dos tubérculos produzidos .....	51
a) Porcentagem de MS nos tubérculos .....	51
b) Teor de proteína bruta nos tubérculos .....	51
3.4 Análise estatística.....	51
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>52</b>
4.1 Experimento com mandioca .....	52
4.1.1 Diagnose Foliar .....	52
4.1.2 Índice relativo de clorofila nas folhas.....	53
4.1.3 Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta.....	55
4.1.4 Área foliar .....	61
4.1.5 Número, comprimento, diâmetro e produtividade de raízes tuberosas .....	62
4.1.6 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes absorvente e raízes tuberosas.....	66
4.1.7 Partição de MS para as folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas.....	70
4.1.8 Determinação dos teores de amido e açúcares redutores nas folhas, hastes, raízes absorventes e raízes tuberosas .....	73

4.1.9 Teor, acúmulo e exportação de N.....	80
4.1.10 Eficiência de uso do N absorvido .....	87
4.1.11 Índices de qualidade das raízes tuberosas.....	87
a) Porcentagem de MS nas raízes tuberosas .....	87
b) Teor de proteína bruta nas raízes tuberosas .....	88
4.2 Experimento com batata .....	90
4.2.1 Diagnose foliar .....	90
4.2.2 Índice relativo de clorofila nas folhas .....	90
4.2.3 Número de hastes por planta, altura da haste principal, altura média das hastes, número de folhas da haste principal e número de folhas por planta .....	92
4.2.4 Número de tubérculos e produtividade .....	99
4.2.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, raízes absorventes, tubérculos e na planta inteira .....	101
4.2.6 Partição de MS para as folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos. ....	104
4.2.7 Determinação dos teores de carboidratos e açúcares redutores nas folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos.....	107
4.2.8 Teor de N, acúmulo e exportação de N .....	114
4.2.9 Eficiência de uso de N absorvido .....	120
4.2.10 Índices de qualidade dos tubérculos .....	121
a) Porcentagem de MS nos tubérculos .....	121
b) Teor de proteína nos tubérculos .....	121
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>123</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>124</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>125</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Dentro do cenário nacional, o estado de São Paulo é responsável por aproximadamente 45,1% da produção da região Sudeste. A produtividade média no estado é de 24,8 t ha<sup>-1</sup> de raízes tuberosas, ficando acima da média nacional que é de 15,3 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

A baixa produtividade da mandioca brasileira em parte se deve ao fato dessa tuberosa ser predominantemente cultivada em solos de baixa fertilidade, devido à crença de esta planta é uma cultura rústica e que se adapta a solos pobres em nutrientes. Apesar de conseguir se desenvolver em solos de baixa fertilidade a cultura da mandioca consegue absorve quantidades consideráveis de nutrientes do solo, com grande destaque para o nitrogênio (N) que é o segundo nutriente mais absorvido e exportado por essa raiz tuberosa. O N está diretamente envolvido com o crescimento e o metabolismo energético das células, sendo um nutriente essencial para o crescimento adequado das plantas de mandioca. Em solos arenosos e com menores teores de matéria orgânica a mandioca tem apresentado respostas lineares a adubação nitrogenada, com incrementos na produtividade até doses de 90 kg ha<sup>-1</sup> N ou até doses de N mais elevadas (MORAES et al., 1981; CARDOSO JÚNIOR et al., 2005).

Embora a cultura da mandioca seja uma planta rústica ela responde significativamente ao uso de adubos, com aumentos na produtividade. Dois são os motivos: primeiro, porque exporta do solo grande quantidade de nutrientes (para uma produção de 25 toneladas de raízes e parte aérea de mandioca por hectare, são extraídos 123 kg de N, 27 kg de P, 146 kg de K, 46 de Ca e 20 kg de Mg (FIALHO; VIEIRA, 2011).

A batateira é uma das principais espécies cultivadas no mundo, importante fonte de alimento e também para geração de emprego e renda (MANTOVANI et al., 2014). A alta produtividade de tubérculos e a obtenção de lucros estão entre uma das principais metas dos produtores de batata (FONTES et al., 2012). Portanto, a planta necessita primariamente de CO<sub>2</sub>, luz, água e nutrientes obtidos de forma competitiva em determinado espaço físico e condições ambientais favoráveis à tuberização (SARKAR, 2008). Assim, os produtores precisam cultivar batata e produzir tubérculos comerciais com alta qualidade e com custo eficiente para competir nos mercados locais. Sendo, portanto, cada vez mais desafiados a fazê-lo,

minimizando o impacto ambiental da produção de batata (ZEBARTH; ROSEN, 2007).

Segundo Zebarth e Rosen (2007), o nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes entre os de maior importância econômica e ambiental. Além disso, é o elemento que mais frequentemente limita o desenvolvimento da batateira. Ainda de acordo com os mesmos, a aplicação de N é necessária para garantir a rentabilidade da produção da batateira, uma vez que grande parte deste nutriente no solo está na forma orgânica, tanto na matéria orgânica do solo (MOS) como em resíduos de cultivos antecessores; portanto, não prontamente disponível para ser absorvido pelas plantas. Dessa forma, a adubação nitrogenada na cultura da batata se faz necessária.

O N desempenha papel importante no desenvolvimento da parte aérea e no acúmulo de matéria seca (MS), onde o crescimento é regulado pela relação interna de carbono (C) e N (LEMAIRE; MILLARD, 1999). Além disso, as plantas tendem a otimizar a concentração de N por unidade de área foliar (GRINDLAY, 1997).

Uma tecnologia que tem se mostrado eficiente em reduzir a adubação nitrogenada mineral nas culturas é a inoculação das plantas com bactérias diazotróficas endofíticas ou bactérias promotoras do crescimento vegetal, as quais atuam na fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>). As bactérias do gênero *Azospirillum* não apresentam especificidade de hospedeiro e podem se associar tanto com plantas gramíneas como não gramíneas, sendo que as espécies *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* são as mais estudadas atualmente para uso em inoculantes. A inoculação das culturas com *Azospirillum brasilense* proporciona benefícios para as plantas que vão além da fixação biológica do N<sub>2</sub>. Plantas inoculadas com *Azospirillum* apresentam maior proliferação de raízes laterais e aumento na absorção de água e nutrientes, aumento na respiração radicular, atraso na senescência foliar e aumento na matéria seca (MS) das plantas (OKON, 1985, DOBBELAERE; OKON, 2007). No caso da mandioca em que o principal produto comercial são as raízes de reserva, a inoculação com *Azospirillum* pode ser uma alternativa interessante para promover o aumento no número e/ou no comprimento das raízes de reserva, além de melhorar a nutrição mineral das plantas.

Dessa forma, torna-se necessário conhecer melhor os efeitos que a inoculação de *Azospirillum* spp. proporciona para a cultura da mandioca, uma vez



que já se constatou que essas bactérias se associam com as plantas de mandioca (BALOTA, 1994; BALOTA et al., 1994; BALOTA et al., 1999). Assim, conhecendo os benefícios que a inoculação de *Azospirillum lipoferum* pode proporcionar para a cultura da mandioca, como o aumento das raízes, maior quantidade de parte aérea e outros aspectos, portanto será possível estabelecer qual a melhor relação da inoculação da bactéria com as quantidades de N fornecidas para as plantas de mandioca, visando aumentar o crescimento das plantas e a produtividade de raízes, bem como melhorar a nutrição mineral da cultura.

Na cultura da batata os estudos com bactérias diazotróficas são poucos, mas alguns mostraram que quando as plantas de batata são inoculadas com essas bactérias tem uma maior produção do Ácido indol acético (IAA) e um maior vigor no desenvolvimento da planta. Sendo assim, as bactérias podem ser consideradas benéficas com a capacidade de estimular a tuberização na batata (HENAGAMAGE et al.,2016).

Em função do exposto o presente trabalho parte das seguintes hipóteses: a) é possível melhorar a nutrição das plantas de mandioca e batata mediante a inoculação de *Azospirillum brasilense*; b) por atuar na promoção do crescimento vegetal o uso de *Azospirillum brasilense* em associação com a adubação nitrogenada nas culturas da mandioca e batata pode aumentar o crescimento das plantas, a produtividade de raízes tuberosas e tubérculos e melhorar a eficiência de uso da adubação nitrogenada mineral. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional, o acúmulo de matéria seca (MS), a partição de carboidratos e açúcares redutores, a produtividade e a eficiência de uso do N absorvido pelas plantas de mandioca e batata em resposta a inoculação de *Azospirillum brasilense* em combinação com a adubação nitrogenada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma importante fonte de alimento, principalmente nas regiões tropicais, em que ela apresenta elevadíssima importância socioeconômica tanto na alimentação humana como animal. Dentro do cenário nacional, o estado de São Paulo destaca-se como sendo responsável por aproximadamente 45,1% da produção da região Sudeste. A produtividade média no estado é de 24,8 t ha<sup>-1</sup> de raízes tuberosas, ficando acima da média nacional que é de 15,3 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016). A cultura da mandioca se caracteriza pela rusticidade e adaptabilidade as mais diferentes condições de clima e solo, sendo comumente produzida em áreas consideradas impróprias para a maioria das outras culturas (OLIVEIRA et al., 2009). Entre os diversos fatores que determinam a baixa produtividade da mandioca brasileira destaca-se o uso de solos com características limitantes, principalmente em relação a solos com baixa fertilidade. A crença de que a cultura da mandioca é rústica e adapta-se a solos marginais e de baixa fertilidade tem resultado na obtenção de produtividades abaixo do potencial produtivo das cultivares plantadas atualmente, com prejuízos consideráveis na qualidade do produto final (LEONEL et al., 2015).

### 2.2 Adubação nitrogenada na cultura da mandioca

Apesar da cultura da mandioca conseguir apresentar níveis de produtividade relativamente satisfatórios em solos de baixa fertilidade (TERNES, 2002; SOUZA; SOUZA, 2006), a cultura extrai elevadas quantidades de nutrientes do solo (TERNES, 2002; SOUZA; SOUZA, 2006; GOMES; SILVA, 2006), com destaque para o nitrogênio (N) que é o segundo nutriente mais absorvido e exportado por essa espécie tuberosa (HOWELER, 1981). O N é um importante componente das células dos vegetais, compondo sua estrutura e funções metabólicas essenciais (CARDOSO JÚNIOR et al., 2005a; CARDOSO JÚNIOR et al., 2005b). O N está diretamente envolvido com o crescimento e também com o metabolismo energético das células vivas (HÁK; NÁTR, 1987), sendo assim um nutriente essencial para o crescimento adequado das plantas de mandioca. Plantas de mandioca com deficiência em N apresentam crescimento reduzido e em algumas cultivares ocorre o

amarelecimento uniforme e generalizado das folhas, iniciando nas folhas inferiores e atingindo toda a planta (SOUZA et al., 2009). Cultivos realizados em solução nutritiva mostram que a mandioca responde positivamente ao fornecimento do nitrogênio (CRUZ et al., 2003), pois nessas condições, ela apresenta baixo nível de absorção de N e com poucos pelos radiculares, aparentando assim, ser uma cultura pouco eficiente na absorção dos nutrientes (BALOTA et al., 1997). Dessa forma, mostra-se a importância do fornecimento adequado de N é fundamental para promover o crescimento das plantas de mandioca e melhorar os seus níveis de produtividade.

Como na grande maioria das situações a cultura da mandioca é cultivada em solos com baixos teores de matéria orgânica é de se esperar que ela apresente respostas positivas a adubação nitrogenada (NGUYEN et al., 2002; CRUZ et al., 2003; LÔBO et al., 2005; LEONEL et al., 2015). Em solos arenosos e com menores teores de matéria orgânica alguns autores já obtiveram alguns aumentos lineares na produtividade de raízes tuberosas da mandioca até doses de N de 90 kg ha<sup>-1</sup> e/ou até doses maiores de N (MORAES et al., 1981; CARDOSO JÚNIOR et al., 2005a); o que demonstra que o fornecimento adequado de N é fundamental para se obter melhores níveis de produtividade nessa cultura.

### **2.3 Cultura da batata**

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) desempenha importante papel como fonte de alimento para populações de várias regiões do mundo. Trata-se de um alimento altamente nutritivo, sendo fornecedor de vitaminas, proteína de alta qualidade e sais minerais, além de proporcionar energia oriunda dos carboidratos. Além disso, esta cultura apresenta elevada produção por área e ciclo relativamente curto, o que torna a batateira bastante exigente quanto à disponibilidade dos nutrientes na solução do solo (FERNANDES; SORATTO, 2012).

A batata é um dos alimentos mais consumidos no mundo, devido a sua composição nutricional e versatilidade de uso culinário. A área mundial cultivada com a batateira é de aproximadamente 19,5 milhões de hectares, distribuídos por mais de 150 países (FAO, 2017). No Brasil, a área cultivada com batata fica ao redor de 134 mil hectares, mas a produção nacional é de mais de 3,9 milhões de toneladas, com destaque para os estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo,

que são responsáveis pela maior porcentagem de toda a batata produzida no Brasil (IBGE, 2017). Nas condições tropicais e subtropicais, o ciclo de desenvolvimento da batata varia de 90 a 110 dias, dependendo da cultivar (PEREIRA; DANIELS, 2003). Nesse período, em regiões tropicais baixas, o potencial produtivo da batateira é de aproximadamente 30 t ha<sup>-1</sup>, mas em regiões tropicais altas a produção potencial dessa cultura pode chegar próximo ao potencial da Europa, que é por volta de 90 a 100 t ha<sup>-1</sup> de tubérculos (BEUKEMA; ZAAG, 1990; SOUZA, 2003). A produtividade final de tubérculos da batata está na dependência da capacidade de produção de MS total da planta, da porcentagem de MS que é particionada para o crescimento dos tubérculos e do teor de umidade presente nos tubérculos (EWING, 1997). Assim, a produção total de MS da batateira e sua distribuição entre os diferentes órgãos da planta são fatores de extrema importância e que exercem interferência significativa sobre a produtividade de tubérculos (BALAMANI; POOVAIAH, 1985).

#### **2.4 Adubação nitrogenada na cultura da batata**

O N está relacionado com grande parte do processo metabólico das plantas e é constituinte de muitos compostos como os ácidos nucléicos, aminoácidos e a clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009). Na planta, o N é convertido em aminoácidos e enzimas, necessárias para o funcionamento das reações enzimáticas. Sabe-se que a disponibilidade de N no solo para as culturas varia entre anos e com as condições climáticas no ano (ZEBARTH et al., 2006). Para se ter uma produtividade de 25 toneladas de raízes e parte aérea de mandioca por hectare são extraído 123 kg de N (FIALHO; VIEIRA, 2011).

O N é um dos elementos essenciais para o crescimento vegetal, sendo o segundo nutriente mais extraído pela cultura da batata e governa o desenvolvimento da planta, estimulando o crescimento da parte aérea e, muitas vezes, pode ser o que mais limita a produtividade da batateira (COELHO et al., 2010). O fornecimento de doses muito baixas ou demasiadamente elevadas de N podem diretamente e indiretamente reduzir a produtividade e, conseqüentemente, os lucros (COELHO et al., 2010; SOUZA, 2014). Em doses excessivas no meio, o N provoca grande aumento na formação de hastes, do número de folhas, ou seja, estimula o crescimento vegetativo da planta, porém, podendo ocasionar ineficiente partição de

fotoassimilados para os tubérculos, atrasando a formação ou maturação dos mesmos e reduzindo a qualidade do produto final (OLIVEIRA, 2000).

Excesso de nitrogênio pode estimular maior produção de folhagem, reduzir a massa seca e o amido nos tubérculos, retardar a maturação e prolongar a duração do período vegetativo (Cardoso et al., 2007), resultando em menor produtividade (ZYOMUYA et al., 2003). Além disso, o excesso de N interfere na qualidade dos tubérculos, pois reduz a gravidade específica e aumenta o teor de açúcares redutores dos mesmos, favorecendo o escurecimento e a maior retenção de gordura após o processo de fritura, sendo que isso prejudica a compra pelo consumidor, devido ao amargo e o escurecimento dos chips (LONG et al., 2004; BRAUN et al., 2010).

## **2.5 Uso de bactérias diazotróficas**

As bactérias promotoras de crescimento se associam a diversas espécies de plantas em diferentes graus de especificidade, podendo ser classificadas como bactérias associativas, simbióticas ou endofíticas (HUNGRIA et al., 2007). As bactérias promotoras de crescimento possuem a capacidade de colonizar a superfície das raízes, filosfera, rizosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988; KLOPPER et al., 1989), sendo que elas podem estimular o crescimento das plantas através da sua capacidade de fixação biológica de N<sub>2</sub> (HUERGO et al., 2008); do aumento na atividade da redutase do nitrato (CASSÁN et al., 2008); da produção de hormônios como citocininas, citocininas (TIEN, et al., 1979), giberilinas (BOTTINI et al., 1989) e etileno (STRZELCZYK; KAMPER, 1994); da solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004); e por atuarem como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008).

As bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam grande destaque mundialmente a partir da década de 1970 com a descoberta da sua capacidade de realizar a fixação biológica do N<sub>2</sub>, quando em associação com gramíneas (DÖBEREINER et al., 1976). Porém, atualmente já se sabe que as bactérias do gênero *Azospirillum* não apresentam especificidade de hospedeiro e podem se associar tanto com plantas gramíneas como não gramíneas (PEREG, et al., 2016), sendo que as espécies *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* são as mais estudadas atualmente para uso em inoculantes. O gênero *Azospirillum* envolve

bactérias que têm grande potencial de uso como biofertilizante, devido à capacidade de colonizar raízes de várias espécies de plantas, da sua ampla distribuição geográfica e da sua eficiência na fixação de  $N_2$  (PEDROSA, 1987). Essas bactérias são potencialmente benéficas para a agricultura, podendo influenciar positivamente o crescimento vegetal, o rendimento da safra e o conteúdo de N das plantas (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000), podendo assim substituir e/ou reduzir a necessidade de aplicação de nutriente, como o nitrogênio, na lavoura e diminuir os efeitos causados por estresses bióticos e abióticos.

A colonização das raízes por bactérias promotoras de crescimento, afeta tanto a morfologia como a fisiologia da planta hospedeira. Depois da inoculação com *Azospirillum* a resposta típica das plantas é a maior proliferação de raízes laterais e capilares, geralmente acompanhada pela mudança da fisiologia da raiz, com um maior aumento na absorção de água e nutrientes, aumentando a respiração radicular, atrasando a senescência foliar e também aumentando a matéria seca das plantas (OKON, 1985, DOBBELAERE; OKON, 2007). No caso da cultura da mandioca, em que o principal produto comercial são as raízes de reserva, a inoculação com *Azospirillum* pode ser uma alternativa interessante para promover o aumento no número e/ou no comprimento das raízes comerciais.

Estudos realizados na cultura da mandioca demonstraram que há uma elevada ocorrência de bactérias das espécies *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* associadas com diversas partes das plantas de mandioca (BALOTA, 1994; BALOTA et al., 1994; BALOTA et al., 1999; REINHARDT et al., 2008), o que é um indicativo de que essas espécies possuem uma grande associação com a cultura da mandioca. Isso mostra que a frequente falta de resposta da mandioca a adubação mineral seja resultado da fixação biológica de  $N_2$  promovida pelas bactérias promotoras de crescimento que se associam com essa cultura. No entanto, são poucas as pesquisas que buscaram melhorar a nutrição e o desenvolvimento das plantas de mandioca por meio da inoculação de bactérias promotoras de crescimento (BALOTA, et al., 1995; HRIDYA et al., 2013a; HRIDYA et al., 2013b; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ et al., 2016).

Os poucos trabalhos realizados com a inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura da mandioca dão indícios de que os benefícios da inoculação destes microrganismos para a planta de mandioca vão além da fixação biológica de  $N_2$ . Em casa de vegetação, foi observado que bactérias promotoras de crescimento

isoladas de plantas de mandioca, possuem capacidade de estimular a colonização de fungos micorrízicos arbusculares e também de produzir quantidades consideráveis de ácido indolacético (AIA) (BALOTA et al., 1995), um hormônio que induz a proliferação das raízes laterais e de pelos absorventes, conseqüentemente aumentando assim, a superfície de absorção de nutrientes das plantas (TIEN et al., 1979; ZIMMER; BOTHE, 1988). Além disso, quando a inoculação de bactérias promotoras de crescimento é realizada em sistemas contendo fungos micorrízicos arbusculares têm se verificado um aumento na capacidade de acúmulo de N e P pelas plantas de mandioca (BALOTA et al., 1997). A co-inoculação de *Azospirillum* com outros microrganismos em solo cultivado com mandioca também tem aumentado significativamente a atividade de enzimas como a urease, o que tem refletido em maior disponibilidade de N e reduzido a quantidade de fertilizante aplicada nas plantas (HRIDYA et al., 2013a). Na Índia, estudo feito em condições de campo mostrou que a inoculação da mandioca com *Azospirillum* melhorou significativamente a produtividade de raízes das plantas que foram plantadas com metade da adubação NPK recomendada (HRIDYA et al., 2013b). Nesses tratamentos as plantas obtiveram produtividade similar a dos tratamentos com a adubação NPK completa, o que mostra que houve uma melhoria na eficiência de uso dos nutrientes pela mandioca inoculada com a bactéria.

Já foi relatado que 1-4% de microorganismos isolados da rizosfera de batata mostraram uma significativa promoção do crescimento da planta e também aumento no tamanho do estolão e aumento do rendimento dos tubérculos (SUSLOW et al., 1979). Aplicação das bactérias diazotróficas melhoraram a disponibilidade do N através da fixação atmosférica de nitrogênio (N<sub>2</sub>) (SENEVIRATNE et al., 2008; FRANCHE et al., 2009) e na solubilização de minerais (KLOEPPER, 1997; GLICK, 2007), melhorando assim a produtividade de tubérculos e de outras culturas como a cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas*) (YASMIN et al., 2009). Porém, se tem poucos trabalhos na literatura relatando os benefícios da inoculação em batata.

O uso de *Azospirillum brasilense* em culturas gramíneas como trigo e milho tem demonstrado que a inoculação dessa bactéria na maioria dos casos proporciona aumento na produtividade de grãos (DÍAZ-ZORITA; FERNANDEZ CANIGIA, 2008). Nessas culturas, os benefícios da inoculação de *Azospirillum brasilense* também estão relacionados com aumento na absorção de água e nutrientes e na maior tolerância a estresses como salinidade e seca, o que resulta em plantas mais



vigorosas e produtivas (BASHAN et al., 1997; DOBBELAERE et al., 2001; BASHAN et al., 2004). Há indícios de que as bactérias do gênero *Azospirillum* também proporcionem melhorias nos parâmetros fotossintéticos das folhas, tais como, teor de clorofila e condutância estomática, bem como nos teores de prolina nas raízes e na parte aérea, no potencial hídrico das células, na elasticidade da parede celular e, conseqüentemente, na produção de biomassa (BARASSI et al., 2008).

O Brasil tem longa tradição de pesquisa em fixação biológica de N<sub>2</sub> utilizando *Azospirillum* em associações com gramíneas, mas até recentemente não havia inoculantes comerciais com essas bactérias no País (HUNGRIA, 2011). Recentemente a Embrapa Soja em parceria com a iniciativa privada desenvolveu inoculantes comerciais com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* e a partir de então diversos testes de eficiência agrônômica estão sendo realizados em culturas gramíneas e em co-inoculação com leguminosas (HUNGRIA, 2011). Os trabalhos conduzidos indicam que a inoculação de *Azospirillum* aumenta a matéria seca de raízes na cultura da cana-de-açúcar (MOUTIA et al., 2010), o crescimento da parte aérea do trigo (SPAEPEN et al., 2008), e um aumento na produtividade de grãos do milho (LONGHINI et al., 2016; SPOLAOR et al., 2016), além de aumentar a germinação de sementes de soja e de milho (BACILIO et al. 2003; CASSÁN et al. 2009).

Dessa forma, pelo fato da inoculação com *Azospirillum* promover diversos benefícios para as plantas, benefícios esses, que não se restringem somente a fixação biológica de N<sub>2</sub> e como a maioria dos estudos com inoculação de *Azospirillum* foram realizados em culturas gramíneas, torna-se necessário investigar os efeitos que a inoculação de *Azospirillum brasilense* proporciona para as culturas de raízes e tubérculos como mandioca e batata. Assim, conhecendo os benefícios que a inoculação de *Azospirillum brasilense* pode proporcionar para essas culturas, será possível estabelecer qual a melhor relação da inoculação da bactéria com as quantidades de N fornecidas para as plantas de mandioca e batata, visando aumentar o crescimento das plantas e a produtividade, bem como melhorar a nutrição mineral dessas culturas.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local de condução do experimento

Foram realizados quatro experimentos, sendo dois com a cultura da mandioca e outros dois com a cultura da batata. Os experimentos de mandioca foram conduzidos em vasos com capacidade de 38 dm<sup>3</sup> e os experimentos de batata foram conduzidos em vasos com capacidade de 25L, em casa de vegetação do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), localizado no município de Botucatu-SP.

#### 3.2 Experimento com mandioca

##### 3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos, um com solo natural e outro com solo estéril. Ambos os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, no esquema fatorial 2x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram representados por duas (2) formas de fornecimento de *Azospirillum brasilense* (Com e sem inoculação) combinadas com 4 doses de N (0, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup> de N).

Cada parcela foi representada por um vaso de 38 dm<sup>3</sup> contendo uma planta de mandioca. No experimento com solo estéril, a esterilização foi realizada em autoclave. As doses de N foram aplicadas metade aos 15 e metade aos 40 dias após a emergência (DAE) da mandioca. Nos tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* foram aplicados 20 ml do produto comercial contendo 2,0 x 10<sup>8</sup> células viáveis por ml, das estirpes Ab-V5 e Ab-V6. Como fonte de *Azospirillum brasilense* foi utilizado o produto comercial NOD a<sup>®</sup>.

##### 3.2.2 Instalação e condução do experimento

Para a instalação do experimento foi coletado solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, de um Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS et al., 2006). Após coletado, o solo foi peneirado e uma amostra foi retirada para a determinação das características químicas (RAIJ et al., 2001), cujos resultados estão na Tabela 1. Foi constatada a necessidade de correção do solo, a mesma foi realizada para elevar a saturação por bases a 50% (LORENZI et al., 1997), através da aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 90%. Após a calagem, o solo foi incubado por

aproximadamente 25 dias, mantendo-se umidade de aproximadamente 80% da capacidade de retenção de água do solo.

**Tabela 1 - Atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m antes e depois da correção e adubação de solo**

Atributos	Antes da correção	Depois da correção e adubação	Depois da correção, adubação e esterilização
		Solo natural	Solo estéril
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,4	5,6	5,7
M.O (g dm <sup>-3</sup> )	29	22	20
P resina (mg dm <sup>-3</sup> )	10	100	74
H + AL (mmolc dm <sup>-3</sup> )	41	25	24
K (mmolc dm <sup>-3</sup> )	1,44	2,21	2,82
Ca (mmolc dm <sup>-3</sup> )	24	69	55
Mg (mmolc dm <sup>-3</sup> )	4	14	13
SB (mmolc dm <sup>-3</sup> )	29	85	71
CTC (mmolc dm <sup>-3</sup> )	70	111	95
V%	42	77	74
Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )	19	10	9
Cobre (mg dm <sup>-3</sup> )	4,0	3,5	3,7
Manganês (mg dm <sup>-3</sup> )	4,0	2,8	22,2
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> )	0,3	2,1	1,7
Boro (mg dm <sup>-3</sup> )	0,19	1,9	1,6

Decorrido o período de incubação, foi realizada nova amostragem de solo para a determinação das características químicas do solo após a correção. Com base nos resultados da análise do solo corrigido (Tabela 1), foi aplicada quantidades de fertilizantes para se elevar os teores de P e K do solo para 150 mg dm<sup>-3</sup>. Foi realizada uma adubação de B e Zn para se elevar os teores desses nutrientes no solo para 0,5 e 0,8 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Como fonte de P, K, B e Zn foram utilizados os fertilizantes superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), bórax (11% de B) e sulfato de zinco (21% de Zn), respectivamente. A fonte de N utilizada foi a ureia e seu fornecimento foi de acordo com os tratamentos em duas aplicações (item 3.2.1.), sendo metade das doses aplicadas aos 15 DAE e a outra metade aos 40 DAE. Após a adubação de base, o solo foi acomodado nos vasos e em seguida os vasos do experimento com solo estéril, foram levados à autoclave e esterilizados.

O plantio da mandioca de mesa cv. IAC 576-70 foi realizado em 02 de maio de 2017, utilizando-se manivas-semente de 15 cm de comprimento retiradas do terço médio de plantas com 12 meses de idade. Antes do plantio, as manivas-semente foram desinfestadas utilizando a metodologia descrita por Buensanteai et

al. (2013) com adaptações. Inicialmente as manivas-semente foram imersas em solução de etanol (70%) por 2 minutos, e posteriormente elas foram imersas em solução com 20% de água sanitária comercial por 10 minutos. Após este tratamento, as manivas-semente foram lavadas por 5 vezes em água estéril para remover o excesso de água sanitária.

Em seguida, foi realizada a abertura de uma cova de 10 cm de profundidade em cada vaso e depositada uma maniva-semente por cova. Posteriormente, foram aplicados sobre as manivas-semente de cada vaso os tratamentos referentes a inoculação de *Azospirillum brasilense*. Após isso, as covas de plantio foram fechadas manualmente com solo do próprio vaso. A irrigação foi realizada com água deionizada e estéril de acordo com as recomendações técnicas para a cultura e visando manter o teor de umidade do solo próximo a 80% da capacidade de máxima de retenção de água. Para o tratamento da água de irrigação foi montado um sistema com deionizador a base de resina de troca iônica acoplado a uma caixa de água de 1.000 L, equipada com um sistema de lâmpadas UV. As lâmpadas UV foram mantidas ligadas durante 30 minutos antes de todas as irrigações e posteriormente foram desligadas.

O controle fitossanitário durante o período de desenvolvimento da cultura foi realizado de acordo com a necessidade e as recomendações técnicas. A colheita das plantas foi realizada aos 8 meses após o plantio (MAP).

### **3.2.3 Avaliações**

#### **3.2.3.1 Diagnose foliar**

Aos 4 MAP foram realizadas amostragens de folhas, retirando-se o limbo foliar das folhas mais jovens totalmente expandidas (LORENZI et al., 1997) das plantas de cada parcela experimental e aos 6 MAP também foi realizado uma diagnose foliar. As amostras foliares foram secas à 65 °C em estufas de circulação forçada de ar por 72 h, moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm e submetidas a análise dos teores de N de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

### **3.2.3.2 Índice relativo de clorofila nas folhas**

Aos 4, 6 e 8 MAP foram realizadas as leituras indiretas do teor de clorofila nas folhas, utilizando um aparelho Minolta SPAD-502 (clorofilômetro). As leituras foram realizadas no limbo foliar das folhas mais jovens totalmente expandidas de cada planta da parcela.

### **3.2.3.3 Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta.**

O número de hastes foi determinado aos 4 MAP, mas as variáveis diâmetro das hastes, número de folhas por planta e a altura das plantas foram determinadas em três épocas, ou seja, aos 4, 6 e 8 MAP. O número de hastes e de folhas por planta foi determinado mediante contagem dessas estruturas em cada planta dos vasos. O diâmetro das hastes foi medido a altura de 10 cm acima da superfície do solo dos vasos. A altura das plantas foi considerada como sendo a distância entre a superfície do solo dos vasos até o ponto mais alto da planta.

### **3.2.3.4 Área foliar**

Essa variável foi determinada na colheita aos 8 MAP. Para a determinação desta variável todas as folhas de cada planta dos vasos foram coletadas e a área foliar foi determinada com auxílio de um integrador de área foliar de bancada LICOR, modelo 3100C.

### **3.2.3.5 Número, comprimento, diâmetro e produção de raízes tuberosas**

Na colheita, aos 8 MAP, foi contado o número de raízes tuberosas por planta e determinado o comprimento e o diâmetro das raízes tuberosas das plantas de cada vaso. O comprimento foi medido de uma extremidade a outra das raízes tuberosas e o diâmetro foi determinado na região do terço médio das raízes. Após contadas, as raízes tuberosas foram pesadas para a obtenção da produção de raízes frescas por planta.

### **3.2.3.6 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas**

Após colhidas as plantas foram separadas em folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas. As avaliações nas raízes tuberosas frescas foram realizadas conforme descrito no item 3.2.3.5. Em seguida, as raízes tuberosas, folhas, hastes e cepas foram submetidas a secagem em estufas com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante. Após a secagem, o material foi pesado para obtenção das quantidades de matéria seca (MS) acumuladas em cada parte da planta. O acúmulo de MS na planta inteira foi obtido pela soma das quantidades de MS acumuladas em todas as partes da planta.

### **3.2.3.7 Partição de MS para as folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas**

Estas variáveis foram determinadas mediante o cálculo da relação entre a quantidade de MS acumulada nas folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas (item 3.2.3.6.) em relação a quantidade de MS total acumulada pela planta (BENINCASA, 2003).

### **3.2.3.8 Determinação dos teores de amidos e de açúcares redutores em folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas**

As amostras secas obtidas no item 3.2.3.6. foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm e utilizadas para a quantificação dos teores de carboidratos. O teor de amido total foi realizado conforme metodologia adaptada de AACCI (2016). Foram transferidos 200 mg de amostra para Erlenmeyer de 125 mL, adicionaram-se 42 mL de água destilada, 100 µL de enzima alfa-amilase e 1 mL de solução tampão Acetato de Sódio 2 mol L<sup>-1</sup> em pH 5,35. As amostras foram condicionadas em banho com agitação à temperatura de 90 °C por duas horas. Após, foram resfriadas a temperatura ambiente e adicionaram-se 100 µL de enzima Amiloglucosidase, retornando-as ao banho com aquecimento por mais duas horas sob agitação constante a temperatura de 55 °C. Posteriormente, as amostras foram resfriadas e transferidas para balão volumétrico de 250 mL e o volume foi ajustado. Alíquota de 5 mL foi transferida para balão volumétrico de 100 mL, o pH foi ajustado

entre 7 a 9 com hidróxido de sódio  $4 \text{ mol L}^{-1}$ . A seguir, transferiu-se alíquota de 1 mL do extrato para tubo de ensaio e adicionaram-se 1 mL do reativo de trabalho Somogyi, sendo os tubos condicionados em banho térmico em ebulição por 10 minutos. Em seguida, os tubos foram resfriados em temperatura ambiente e adicionaram-se 1 mL do reativo de trabalho de Nelson e 7 mL de água deionizada. Os tubos foram homogeneizados e as absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro a 535 nm, sendo feita a conversão para amido pela multiplicação do percentual de açúcar obtido pelo fator 0,9.

O procedimento para açúcar redutor foi pesar de 1 grama da amostra, em um erlenmeyer de 125 ml. Adicionar 50 ml de água destilada, depois foi levado ao banho de aquecimento a  $65^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos agitando, após os 30 minutos os erlenmeyer foram retirados do banho e resfriado em água corrente. Após resfriados, a quantidade foi transferida para um balão volumétrico de 100 ml, depois o balão foi completado com água destilada e homogeneizada. Após as amostras foram filtradas em papel filtro simples, recebendo o filtrado em um becker pequeno. A determinação dos açúcares redutores foram determinado a partir do método de SOMOGY E NELSON (Nelson,1960), da seguinte maneira: foi pipetado 1ml da solução da amostra diluída e transferida para um tubo de ensaio de 15x160mm, depois foi acrescentado 1 ml do reativo de Somogy e levar ao banho-maria com água em ebulição por 10 minutos, depois foi retirado do banho e resfriado em água corrente, após foi acrescentado 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada, homogeneizado em um agitador de tubos Vortex e feito a leitura da absorbância no espectrofotômetro a 535 nm (A), zerando-o com a prova em branco.

### **3.2.3.9 Teor, acúmulo e exportação de N**

As amostras usadas na determinação da MS (3.2.3.6.) após moídas foram submetidas à análise dos teores de N de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). As quantidades de N acumuladas nas folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas foram estimadas multiplicando-se o teor de N pela quantidade de MS acumulada em cada um destes órgãos da planta. A quantidade de N acumulada na planta inteira foi determinada pela soma das quantidades de N obtidas em cada parte da planta, enquanto a quantidade de N exportada foi representada pela quantidade de N acumulada nas raízes tuberosas.

### 3.2.3.10 Eficiência de uso do N absorvido

A eficiência de uso do N absorvido (EUN) foi determinada de acordo com a equação descrita a seguir.

$$EUN = MSPL/QTN \dots\dots\dots (g \text{ mg}^{-1} \text{ de N})$$

Em que MSPL é a quantidade de MS acumulada na planta inteira e QTN é a quantidade total de N absorvida pela planta (MALAVOLTA, 1977).

### 3.2.3.11 Índices de qualidade das raízes tuberosas produzidas

#### a) Porcentagem de MS nas raízes tuberosas

Foi determinada em uma amostra de raízes tuberosas de cada parcela. As raízes foram coletadas aleatoriamente, pesadas (peso fresco), fatiadas e secas em estufa com circulação de ar a 65 °C até peso constante. Em seguida, as amostras foram pesadas e com os dados de peso fresco e peso seco calculou-se a porcentagem de MS das raízes tuberosas.

#### b) Teor de proteína bruta nas raízes tuberosas

O teor de proteína bruta nas raízes tuberosas foi determinado nas amostras de MS das raízes tuberosas (item a), com o método de Kjeldahl (MALAVOLTA,1997) e teor de N com o fator de 6,25 para a conversão em proteína bruta. Em seguida, os dados foram convertidos para teores de proteína bruta na matéria fresca.

### 3.3. Experimento com batata

#### 3.3.1. Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos, um com solo natural e outro com solo estéril. Em ambos os experimentos o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 2x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram representados por 2 formas de fornecimento de *Azospirillum brasilense* (com e sem inoculação) combinadas com 4 doses de N (0, 75, 150 e 300 mg dm<sup>-3</sup> de N).

Cada parcela foi representada por um vaso de 38 dm<sup>-3</sup> contendo uma planta de batata. Nos tratamentos com solo estéril, a esterilização foi realizada em autoclave. As doses de N foram aplicadas no 1/3 no plantio, 1/3 aos 15 e 1/3 aos 40 dias das doses utilizadas após a emergência (DAE) da batata. Nos tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* foram aplicados 20 ml do produto comercial contendo 2,0 x 10<sup>8</sup> células viáveis por ml, das estirpes Ab-V5 e Ab-V6. Como fonte de *Azospirillum brasilense* foi utilizado o produto comercial NOD a.

#### 3.3.2. Instalação e condução do experimento

Os procedimentos para a coleta e análise do solo foram os mesmos adotados para o experimento com mandioca e os resultados da análise de solo se encontram na Tabela 2. Foi realizado a correção do solo visando se elevar a saturação por bases a 60% (LORENZI et al., 1997), através da aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 90%. O período de incubação do solo foi o mesmo do experimento com mandioca. Com base na análise de solo após a incubação (Tabela 2), a adubação de base foi realizada aplicando-se fertilizantes para elevar os teores de P e K do solo para 150 mg dm<sup>-3</sup>. Não foi preciso realizar adubação com B e Zn. Como fonte de P, K, foram utilizados os fertilizantes superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). O N foi fornecido de acordo com os tratamentos em três aplicações, no 1/3 no plantio, 1/3 aos 15 e 1/3 aos 40 dias das doses utilizadas após a emergência (DAE) da batata sendo no plantio, metade aos 15 DAE e a outra metade aos 40 DAE. Após a adubação de base, o solo foi acomodado nos vasos e em seguida os vasos do experimento com solo estéril, foram levados à autoclave e esterilizados.



**Tabela 2- Atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m antes e depois da correção e adubação do solo**

Atributos	Antes da correção	Depois da correção e adubação	Depois da correção, adubação e esterilização
		Solo natural	Solo estéril
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,5	6,0	6,1
M.O (g dm <sup>-3</sup> )	19	12	16
P resina (mg dm <sup>-3</sup> )	5	161	118
H + AL (mmolc dm <sup>-3</sup> )	48	23	17
K (mmolc dm <sup>-3</sup> )	2,1	4,7	3,0
Ca (mmolc dm <sup>-3</sup> )	12,4	40	28
Mg (mmolc dm <sup>-3</sup> )	3,4	20	16
SB (mmolc dm <sup>-3</sup> )	18	65	47
CTC (mmolc dm <sup>-3</sup> )	66	88	64
V%	27	73	73
Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )	17	14	12
Cobre (mg dm <sup>-3</sup> )	40,4	4,6	4,5
Manganês (mg dm <sup>-3</sup> )	4,3	4,0	19,4
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,7	0,8
Boro (mg dm <sup>-3</sup> )	0,16	0,40	0,59

O plantio da batata foi realizado no dia 16 de agosto de 2018, com a cultivar Ágata, foi realizado em seguida, utilizando-se tubérculos-semente tipo III. Antes do plantio, as batatas-semente foram tratadas com o fungicida Metiran+Piraclostrobina na dose de 50g/5L H<sub>2</sub>O.

Em seguida, foi realizada a abertura de uma cova de 10 cm de profundidade em cada vaso e depositada um tubérculo-semente por cova. Posteriormente, foram aplicados sobre os tubérculo-semente de cada vaso os tratamentos referentes a inoculação de *Azospirillum brasilense*. Após isso, as covas de plantio foram fechadas manualmente com solo do próprio vaso. O fornecimento de água para a cultura seguiu os procedimentos adotados para o experimento com mandioca.

O controle fitossanitário durante o período de desenvolvimento da cultura foi realizado de acordo com a necessidade e as recomendações técnicas. A colheita das plantas foi realizada aproximadamente aos 90-110 dias após a emergência (DAE).

### 3.3.3. Avaliações

#### 3.3.3.1 Diagnose foliar

Aos 30 DAE foram realizadas amostragens de folhas, retirando-se a 3ª folha totalmente expandidas (LORENZI et al., 1997) das plantas de cada parcela

experimental. O preparo e a análise das amostras foram os mesmos adotados para a cultura da mandioca.

### **3.3.3.2 Índice relativo de clorofila nas folhas**

Aos 30, 40 e 60 DAE foram realizadas as leituras indiretas do teor de clorofila nas folhas, utilizando um aparelho Minolta SPAD-502 (clorofilômetro). As leituras foram realizadas na 3ª folha totalmente expandidas de cada planta da parcela.

### **3.3.3.3 Número de hastes por planta, altura da haste principal, altura média das demais hastes, número de folhas da haste principal e número de folhas por planta**

Estas variáveis foram determinadas em três épocas, aos 40 e 60 DAE e no momento da colheita. O número de hastes e de folhas por planta foi determinado mediante contagem dessas estruturas em cada planta dos vasos. A altura das plantas foi considerada como sendo a distância entre a superfície do solo dos vasos até o ponto mais alto da planta.

### **3.3.3.4 Número e produção dos tubérculos**

Na colheita, foi contado o número de tubérculo por planta. Após contados, os tubérculos foram pesados para a obtenção da produção de tubérculos frescos por planta.

### **3.3.3.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, raízes e tubérculos**

Após colhidas as plantas foram separadas em folhas, hastes, raízes e tubérculos. Os tubérculos, folhas, hastes e raízes foram submetidas a secagem em estufas com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante. Após a secagem, o material foi pesado para obtenção das quantidades de matéria seca (MS) acumuladas em cada parte da planta. O acúmulo de MS na planta inteira foi obtido pela soma das quantidades de MS acumuladas em todas as partes da planta.

### **3.3.3.6 Partição de MS para as folhas, hastes, raízes e tubérculo**

Estas variáveis foram determinadas mediante o cálculo da relação entre a quantidade de MS acumulada nas folhas, hastes, raízes e tubérculos (item 3.3.3.5.) em relação a quantidade de MS total acumulada pela planta (BENINCASA, 2003).

### **3.3.3.7 Determinação de teores de amido e de açúcares redutores nas folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos**

As amostras secas obtidas no item 3.3.3.5. foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm e a quantificação dos teores de carboidratos. O teor de amido total foi realizado conforme metodologia adaptada de AACCI (2016). Foram transferidos 200 mg de amostra para Erlenmeyer de 125 mL, adicionaram-se 42 mL de água destilada, 100 µL de enzima alfa-amilase e 1 mL de solução tampão Acetato de Sódio 2 mol L<sup>-1</sup> em pH 5,35. As amostras foram condicionadas em banho com agitação à temperatura de 90 °C por duas horas. Após, foram resfriadas a temperatura ambiente e adicionaram-se 100 µL de enzima Amiloglucosidase, retornando-as ao banho com aquecimento por mais duas horas sob agitação constante a temperatura de 55 °C. Posteriormente, as amostras foram resfriadas e transferidas para balão volumétrico de 250 mL e o volume foi ajustado. Alíquota de 5 mL foi transferida para balão volumétrico de 100 mL, o pH foi ajustado entre 7 a 9 com hidróxido de sódio 4 mol L<sup>-1</sup>. A seguir, transferiu-se alíquota de 1 mL do extrato para tubo de ensaio e adicionaram-se 1 mL do reativo de trabalho Somogyi, sendo os tubos condicionados em banho térmico em ebulição por 10 minutos. Em seguida, os tubos foram resfriados em temperatura ambiente e adicionaram-se 1 mL do reativo de trabalho de Nelson e 7 mL de água deionizada. Os tubos foram homogeneizados e as absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro a 535 nm, sendo feita a conversão para amido pela multiplicação do percentual de açúcar obtido pelo fator 0,9.

O procedimento para açúcar redutor foi pesar de 1 grama da amostra, em um erlenmeyer de 125 ml. Adicionar 50 ml de água destilada, depois foi levado ao banho de aquecimento a 65°C durante 30 minutos agitando, após os 30 minutos os erlenmeyer foram retirados do banho e resfriado em água corrente. Após resfriados, a quantidade foi transferida para um balão volumétrico de 100 ml, depois o balão foi completado com água destilada e homogeneizada. Após as amostras foram filtradas

em papel filtro simples, recebendo o filtrado em um becker pequeno. A determinação dos açúcares redutores foram determinado a partir do método de SOMOGY E NELSON (Nelson, 1960), da seguinte maneira: foi pipetado 1ml da solução da amostra diluída e transferida para um tubo de ensaio de 15x160mm, depois foi acrescentado 1 ml do reativo de Somogy e levar ao banho-maria com água em ebulição por 10 minutos, depois foi retirado do banho e resfriado em água corrente, após foi acrescentado 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada, homogeneizado em um agitador de tubos Vortex e feito a leitura da absorbância no espectrofotômetro a 535 nm (A), zerando-o com a prova em branco.

### **3.3.3.8 Teor, acúmulo e exportação de N**

As amostras usadas na determinação da MS (3.3.3.5.) após moídas foram submetidas à análise dos teores de N de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). As quantidades de N acumuladas nas folhas, hastes, raízes e tubérculos foram estimados multiplicando-se o teor de N pela quantidade de MS acumulada em cada um destes órgãos da planta. A quantidade de N acumulada na planta inteira foi determinada pela soma das quantidades de N obtidas em cada parte da planta, enquanto a quantidade N exportada foi representada pela quantidade de N acumulada nos tubérculos.

### **3.3.3.9 Eficiência de uso do N absorvido**

A eficiência de uso do N absorvido (EUN) foi determinada de acordo com a equação descrita a seguir.

$$EUN = MSPL/QTN \dots \dots \dots (g \text{ mg}^{-1} \text{ de N})$$

Em que MSPL é a quantidade de MS acumulada na planta inteira e QTN é a quantidade total de N absorvida pela planta (MALAVOLTA,1977).

### 3.3.3.10 Índices de qualidade dos tubérculos produzidos

#### a) Porcentagem de MS nos tubérculos

Foi determinada em uma amostra do tubérculo de cada parcela. Os tubérculos foram coletados aleatoriamente, pesados (peso fresco), fatiados e secos em estufa com circulação de ar a 65 °C até peso constante. Em seguida, as amostras foram pesadas e com os dados de peso fresco e peso seco calculou-se a porcentagem de MS nos tubérculos.

#### b) Teor de proteína bruta nos tubérculos

O teor de proteína bruta nos tubérculos foi determinado nas amostras de MS dos tubérculos (item a), com o método de Kjeldahl (MALAVOLTA, 1997) e com o fator de 6,25 para a conversão em proteína bruta. Em seguida, os dados foram convertidos para teores de proteína bruta na matéria fresca.

### 3.4 Análise estatística

Os dados obtidos em cada experimento foram submetidos à análise de variância separadamente. As médias das formas de fornecimento de *Azospirillum brasilense* foram comparadas pelo teste t (DMS) ( $p \leq 0,05$ ), enquanto os efeitos das doses de N foram avaliados por análise de regressão ( $p \leq 0,05$ ). A análise estatística foi realizada no programa Sisvar.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento com mandioca

#### 4.1.1 Diagnose Foliar

Na avaliação realizada aos 4 MAP o teor de N nas folhas da mandioca foi afetado pelos fatores isolados na condição de solo natural e somente pelo fator inoculação no solo estéril (Tabela 3). Aos 4 MAP a inoculação de *A. brasilense* aumentou o teor de N nas folhas da mandioca, independentemente do solo estar estéril ou não, o que mostra que a inoculação dessas bactérias no momento do plantio da mandioca contribuiu para melhorar a nutrição nitrogenada das plantas. Segundo HUERGO et al. (2008), as bactérias diazotróficas conseguem estimular o crescimento das plantas, pois elas possuem a capacidade de realizar a fixação biológica do N<sub>2</sub>, conseqüentemente aumentando teor de N nas folhas. No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o teor foliar de N até a dose de 133 mg dm<sup>-3</sup> de N (Tabela 3). Quanto mais N disponível para a planta, maior será o teor de N nas folhas da planta.

Aos 6 MAP os teores foliares de N foram afetados pelos fatores isolados no solo natural e pela interação Dose de N x Inoculação (DxI) no solo estéril (Tabela 3). No solo natural a inoculação de *A. brasilense* aumentou o teor de N nas folhas da mandioca e a adubação nitrogenada aumentou linearmente os teores foliares de N nas folhas da mandioca. O teor de N foliar do solo esterilizado aos 6 MAP mostrou que no solo estéril a adubação nitrogenada sem a inoculação do *A. brasilense* promoveu aumento no teor de nitrogênio foliar até a dose estimada de 134 mg dm<sup>-3</sup> de N, já na presença da bactéria não se teve resposta em termos de aumentos nos teores foliares desse nutriente (Figura 1).

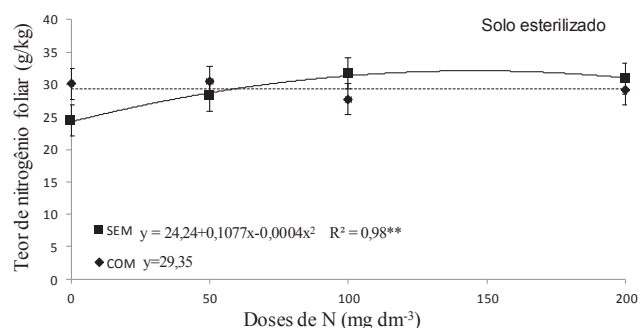
Mostrando então que o teor de N nas folhas diagnose nas duas épocas sendo abaixo da faixa considerada adequada para a cultura da mandioca, que é de 45 a 60 g kg<sup>-1</sup> de N (LORENZI et al., 1997).

**Tabela 3 - Teor de N na folha diagnose da mandioca aos 4 e 6 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	4 MAP	4 MAP	6 MAP	6 MAP
	(g kg <sup>-1</sup> )			
Doses de N (D)				
0	29,41	32,25	28,27	27,27
50	33,80	31,87	31,22	29,35
100	34,31	33,25	30,87	29,68
200	33,95	33,87	33,27	30,05
Efeito	(1)	ns	(2)	ns
Inoculação (I)				
Com	34,95 a	34,87 a	35,55 a	29,35 a
Sem	30,78 b	30,75 b	28,27 b	28,82 a
Interação Dxl	ns	ns	ns	*
CV (%)	9,31	7,94	13,37	10,23

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=29,69+0,082758^{**}x-0,000310^{*}x^2$   $R^2=0,94$ , <sup>(2)</sup>  $y=28,97+0,022143^{*}x$   $R^2=0,84$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 1 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de N foliar da mandioca aos 6 MAP cultivada em solo estéril. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barra verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.1.2 Índice relativo de clorofila nas folhas

O SPAD fornece leituras que se correlacionam com o teor de clorofila que se tem nas folhas das plantas, constituindo-se num instrumento prático e rápido para se avaliar o teor de nitrogênio foliar, visto que o teor de clorofila da folha correlaciona positivamente com o teor de N na planta (SCHADCHINA & DMITRIEVA, 1995) e com o rendimento da cultura (SMEAL & ZHANG, 1994). Isso se deve ao fato de que 50 a 70% do N total das folhas serem integrantes de enzimas (CHAPMAN & BARRETO, 1997) que estão associadas aos cloroplastos.

O índice relativo de clorofila nas folhas da mandioca não foi influenciado pelo fator inoculação, porém a adubação nitrogenada aumentou alterou significativamente o índice relativo de clorofila das folhas mostrando que o N está diretamente ligado com a clorofila das folhas, pois quanto mais nitrogênio a planta absorve, maior será a intensidade de verde nas folhas e nas avaliações realizadas aos 4 MAP no solo estéril, aos 6 MAP em ambos os solos e aos 8 MAP no solo natural (Tabela 4). Aos 4 MAP a adubação nitrogenada aumentou o índice relativo de clorofila nas folhas até a dose de 152 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas nas demais avaliações os aumentos foram lineares.

A contribuição da fixação biológica pode-se dizer que a transferência do N fixado para a planta ocorre bem lentamente. Apenas uma pequena parte torna-se disponível para o vegetal e as bactérias não secretam grandes quantidades de amônia durante o crescimento diazotrófico. Com isso, o nitrogênio é liberado aos poucos para as plantas (LAMBRECHT et al., 2000; CASSAN et al., 2001).

**Tabela 4 - Índice relativo de clorofila nas folhas da cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	4 MAP	4 MAP	6 MAP	6 MAP	8 MAP	8 MAP
Doses de N (D)						
0	45,22	39,10	46,75	34,51	37,62	37,73
50	43,82	42,06	47,08	36,01	40,73	37,83
100	44,63	45,36	49,75	38,16	42,33	37,17
200	44,65	44,96	49,68	39,05	42,63	38,67
Efeito	ns	(1)	(2)	(3)	(4)	ns
Inoculação (I)						
Com	46,00 a	43,60 a	49,91 a	37,25 a	40,86 a	38,00 a
Sem	43,16 a	41,14 a	47,71 a	36,61 a	40,80 a	37,70 a
Interação Dxl	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,32	6,68	6,31	8,42	7,15	7,84

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. (1)  $y=38,88+0,090110**x-0,000297*x^2$   $R^2=0,97$  (2)  $y=46,89+0,016243*x$   $R^2=0,73$  (3)  $y=34,93+0,022850**x$   $R^2=0,89$  (4)  $y=38,81+0,023136**x$   $R^2=0,74$  ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.



#### 4.1.3 Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta.

O número de hastes por planta não foi influenciado pelos fatores estudados e foi em média de 1,9 e 1,6 hastes por planta, nos solos natural e estéril, respectivamente (Tabela 5). Cunha et al. (2014) também trabalharam em casa de vegetação e em alguns fatores não foram encontrados interações entre a inoculação de *A. brasilense* e as doses de nitrogênio aplicadas em plantas de milho híbrido. De acordo com Replke et al. (2013) fatores que interferem nas respostas das culturas a inoculação da bactéria ainda não estão totalmente esclarecidos.

Na avaliação realizada aos 4 MAP o diâmetro de hastes foi afetado pelo fator inoculação e pela interação Dxl no solo natural, e pelo fator dose de N no solo estéril (Tabela 5). No solo estéril o diâmetro das hastes aumentou até a dose de 116 mg dm<sup>-3</sup> de N, não tendo influência da bactéria (Tabela 5), mas no solo natural a adubação nitrogenada aumentou o diâmetro das hastes até a dose de 111 mg dm<sup>-3</sup> de N apenas na presença da bactéria (Figura 2A), mostrando que o *A. brasilense* também auxilia na produção de hormônio que faz com que a planta se desenvolva mais, assim então tendo um maior diâmetro das hastes.

Aos 6 MAP o diâmetro das hastes no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril houve efeito significativo dos fatores doses de N e inoculação de *A. brasilense* (Tabela 5). No solo estéril o diâmetro das hastes foi maior no tratamento com inoculação de *A. brasilense* e a adubação nitrogenada aumentou o diâmetro das hastes até a dose de 94 mg dm<sup>-3</sup> de N. Aos 6 MAP no solo natural, a adubação nitrogenada com a inoculação de *A. brasilense* aumentou o diâmetro das hastes até a dose estimada de 131 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas no tratamento sem *A. brasilense*, o diâmetro das hastes não foi alterado pela aplicação de N (Figura 2B), mostrando que quando se teve a presença da bactéria o diâmetro das hastes foi maior do que na ausência. O aumento do diâmetro está relacionado principalmente com certas funções que o N exerce diretamente na divisão celular, nos processos fotossintéticos e no metabolismo da planta. De acordo com Kappes et al. (2013) o diâmetro do colmo do milho aumentou com a aplicação de N, pois esta característica morfológica tem sido bastante relacionada com o percentual de acamamento.

O diâmetro das hastes no momento da colheita foi influenciado pela adubação nitrogenada apenas no solo natural, mas não foi influenciada por nenhum fator estudado no solo estéril (Tabela 5) portanto os resultados mostram que o *A. brasilense* sozinho no solo estéril não possui uma grande eficiência. Houve aumento no diâmetro das hastes até a dose de 108 mg dm<sup>-3</sup> de N. Meira et al. (2009) estudando combinações de doses de N na cultura do milho não encontrou diferença significativa para a variável diâmetro do colmo.

O número de folhas por planta aos 4 MAP foi influenciado pelos fatores isolados em ambos os solos (Tabela 6). Nos dois solos o número de folhas por planta aos 4 MAP foi maior quando se teve a utilização da bactéria *A. brasilense*. Porém, aos 4 MAP a adubação nitrogenada reduziu linearmente o número de folhas por planta no solo natural, esta redução no número de folhas está associado com a competição de microrganismos presentes no solo, já que no solo estéril onde se tem apenas o *A. brasilense* o número de folhas por planta aumentou até a dose de 123 mg dm<sup>-3</sup> de N.

Aos 6 MAP o número de folhas por planta foi influenciado pela interação dos fatores estudados no solo natural e apenas pelas doses de N no solo estéril (Tabela 6). No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou o número de folhas por planta até a dose de 129 mg dm<sup>-3</sup> de N. No solo natural a adubação nitrogenada não alterou o número de folhas por planta no tratamento sem inoculação de *A. brasilense*, mas no tratamento com a presença da bactéria o número de folhas por planta aumentou até a dose de 105 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 3A). Assim, nas doses intermediárias de N o número de folhas por planta foi maior no tratamento em que a bactéria estava presente. Este incremento na quantidade de folhas por plantas provavelmente ocorreu porque a inoculação com bactérias diazotróficas provoca o aumento no sistema radicular e nos pelos radiculares das plantas, o que aumenta a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente o crescimento da parte aérea, entre outros atributos (PAZOS; HERNÁNDEZ, 2001).

Na colheita realizada aos 8 MAP o número de folhas por planta foi afetado pela interação dos fatores estudados em ambos os solos (Tabela 6). O número de folhas por planta na colheita na condição de solo natural aumentou até a dose estimada de 142 mg dm<sup>-3</sup> de N com a presença da bactéria, sendo que sem a inoculação o número de folhas reduziu até a dose estimada de 82 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 3B). Com os estes resultados pode se observar que na presença da bactéria

a quantidade de folhas é maior, mostrando que o aumento de folhas da mandioca pode estar associado ao efeito que o *A. brasilense*, atua na fixação biológica de N e na promoção do crescimento (DOBEREINER, 1989).

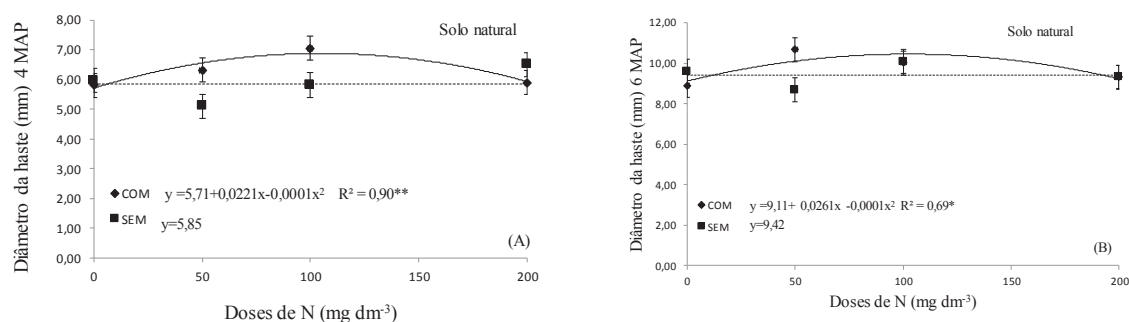
No solo esterilizado, adubação nitrogenada com a bactéria diazotrófica reduziu o número de folhas por planta até a dose estimada de  $94 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, após esta dose de N o número de folhas aumentou (Figura 3C). Porém, no tratamento sem a inoculação da bactéria o número de folhas por planta aumentou linearmente com a adubação nitrogenada. Este resultado está de acordo com os obtidos por HOWELER (1982), que afirma que doses maiores de N levam a planta a produzir uma quantidade maior de parte aérea. Na ausência de N mineral, a bactéria melhorou a nutrição nitrogenada das plantas de mandioca e aumentou o número de folhas por planta em relação ao tratamento sem a presença da bactéria (Figura 3C).

**Tabela 5 - Número de hastes por planta e diâmetro de hastes na cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	Nº haste 4 MAP	Nº haste 4 MAP	Diâmetro haste 4 MAP	Diâmetro haste 4 MAP	Diâmetro haste 6 MAP	Diâmetro haste 6 MAP	Diâmetro haste 8 MAP	Diâmetro haste 8 MAP
	(Haste pl <sup>-1</sup> )				(mm)			
Doses de N (D)								
0	1,87	1,50	5,88	5,68	9,25	6,76	11,45	7,94
50	1,87	1,65	5,71	7,21	9,67	7,98	13,12	9,15
100	1,75	1,55	6,43	6,62	10,05	7,40	14,17	7,46
200	1,93	1,72	6,20	6,52	9,31	6,78	12,00	8,70
Efeito	Ns	ns	ns	(1)	(2)	(3)	(4)	ns
Inoculação (I)								
Com	1,78 a	1,65 a	6,26 a	6,40 a	9,72 a	7,59 a	12,33 a	8,28 a
Sem	1,93 a	1,55 a	5,85 b	6,61 a	9,41 a	6,87 b	13,06 a	9,34 a
Interação Dxl	Ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	17,26	24,67	9,33	11,52	8,50	9,99	14,40	7,26

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=5,88+0,019953x-0,000086x^2$   $R^2=0,57$  <sup>(2)</sup>  $y=19,40+0,081670x-0,00383x^2$   $R^2=0,92$  <sup>(3)</sup>  $y=6,92+0,016989x-0,000090x^2$   $R^2=0,67$  <sup>(4)</sup>  $y=11,38+0,049737x-0,000231x^2$   $R^2=0,98$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente

**Figura 2 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o diâmetro das hastes aos 4 MAP (A) e 6 MAP (B) em solo natural. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



A altura das plantas aos 4 MAP foi influenciado pelos fatores isolados em ambos os solos, sendo que a adubação nitrogenada aumentou a altura das plantas até a dose estimada de 108 e 141 mg dm<sup>-3</sup> de N, no solo natural e estéril respectivamente. Na presença da bactéria a altura das plantas foi maior, mostrando que as bactérias do gênero *A. brasilense* auxilia além da fixação biológica de N<sub>2</sub> mais também estimula o crescimento vegetal (Tabela 7).

Aos 6 MAP a altura das plantas no solo estéril foi afetado pelos fatores isolados e pela interação Dxl no solo natural (Tabela 7). No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a altura das plantas até a dose estimada de 124 mg dm<sup>-3</sup> de N. No solo natural a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou a altura das plantas até a dose estimada de 101 mg dm<sup>-3</sup> de N, na ausência da bactéria a adubação nitrogenada teve uma resposta linear (Figura 4A). RAMOS et al., (2010) constataram altura de plantas de milho superiores nos tratamentos que envolveram a inoculação com *A. brasilense* em relação ao tratamento que não se teve a inoculação.

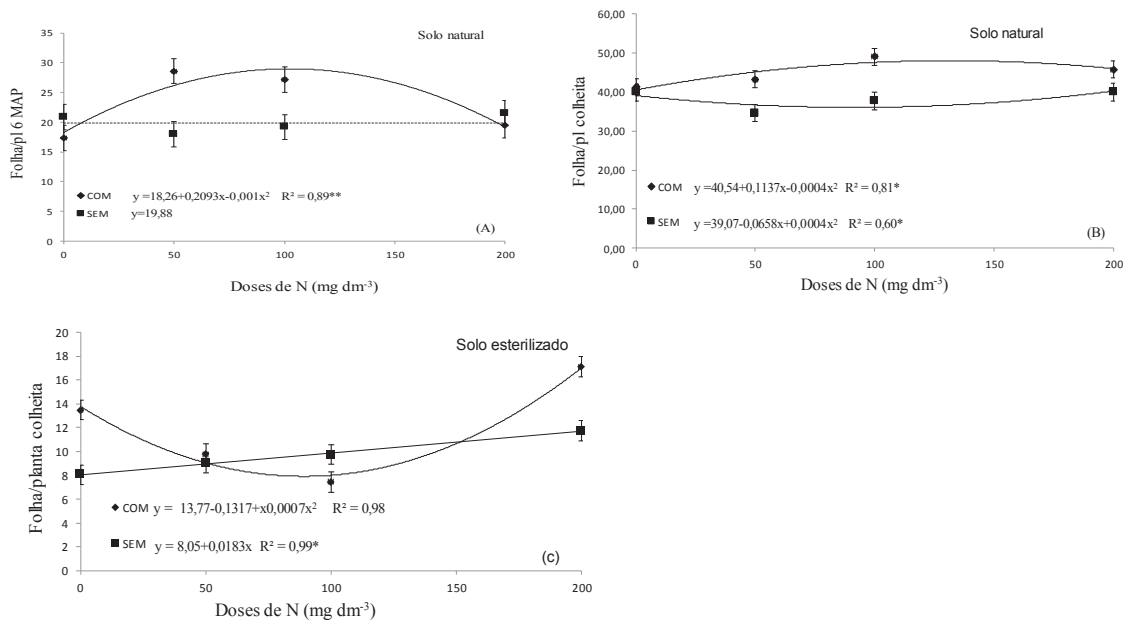
A altura das plantas aos 8 MAP, foi afetado pelos fatores isolados no solo estéril e pela interação Dxl no solo natural (Tabela 7). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a altura das plantas até a dose estimada de 126 mg dm<sup>-3</sup> de N e sendo que na presença da bactéria a altura das plantas foi maior em relação a ausência dela, estes resultados mostram que a adubação. No solo estéril, com a inoculação a adubação nitrogenada reduziu a altura das plantas até a dose estimada de 108 mg dm<sup>-3</sup> de N, na ausência da bactéria foi obtido resposta linear a adubação nitrogenada (Figura 4B).

**Tabela 6 - Número de folhas por planta na cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP, em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	4 MAP	4 MAP	6 MAP	6 MAP	8 MAP	8 MAP
Doses de N						
0	11,75	7,02	19,12	9,71	40,56	10,77
50	10,83	11,00	23,28	12,73	38,92	9,43
100	9,93	11,46	23,17	12,36	43,33	8,60
200	9,62	10,23	20,50	12,25	42,87	14,43
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Inoculação (I)						
Com	11,24 a	11,15 a	23,15 a	11,87 a	44,81 a	11,96 a
Sem	9,84 b	8,71 b	19,88 b	11,65 a	38,03 b	9,65 b
Interação Dxl	ns	ns	*	ns	*	*
CV (%)	13,49	16,52	13,39	15,91	7,33	10,62

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y = 11,46 - 0,010500x$   $R^2 = 0,85$  <sup>(2)</sup>  $y = 7,25 + 0,078787x - 0,000321x^2$   $R^2 = 0,94$  <sup>(3)</sup>  $y = 19,40 + 0,081670x - 0,00383x^2$   $R^2 = 0,92$  <sup>(4)</sup>  $y = 10,00 + 0,048194x - 0,000187x^2$   $R^2 = 0,81$  <sup>(5)</sup>  $y = 40,00 + 0,016286x$   $R^2 = 0,45$  <sup>(6)</sup>  $y = 10,93 - 0,057469x + 0,000373x^2$   $R^2 = 10,62$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 3 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para número de folhas da mandioca aos 6 MAP solo natural (A) e 8 MAP em solo natural (B) e estéril (C). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*, Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**

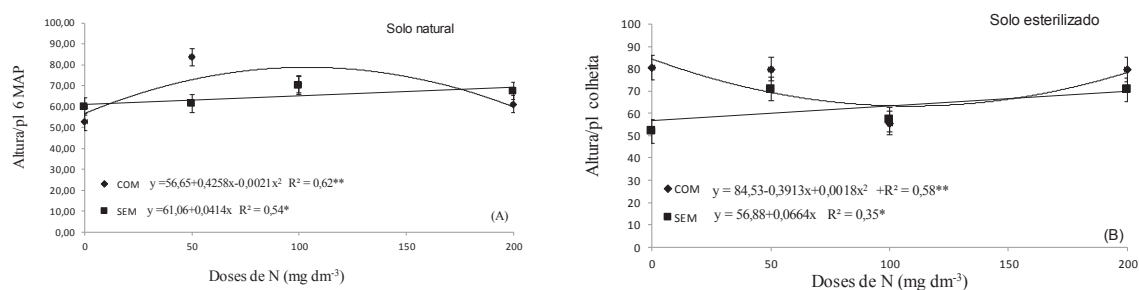


**Tabela 7- Altura de planta (cm) na cultura da mandioca aos 4, 6 e 8 MAP em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	4 MAP	4 MAP	6 MAP	6 MAP	8 MAP	8 MAP
(cm/pl)						
Doses de N (D)						
0	30,78	22,60	56,27	30,72	101,31	66,29
50	25,87	33,46	72,52	42,73	122,87	75,43
100	23,08	30,90	70,31	40,12	133,53	56,43
200	28,87	33,02	64,25	39,60	124,31	75,18
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Inoculação (I)						
Com	29,09 a	31,97 a	66,99 a	38,41 a	127,05 a	73,98 a
Sem	25,51 b	28,01 b	64,68 a	38,18 a	113,96 b	62,69 b
Interação Dxl	ns	ns	*	ns	ns	*
CV (%)	15,96	13,49	8,56	11,49	9,01	10,74

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. (1)  $y=30,82-0,131428^{**}x+0,000608^{**}x^2$   $R^2=0,99$  (2)  $y=23,89+0,148439^{**}x-0,000525^{**}x^2$   $R^2=0,73$  (3)  $y=57,74+0,279966^{**}x-0,001249^{**}x^2$   $R^2=0,83$  (4)  $y=32,04+0,178952^{**}x-0,000717^{**}x^2$   $R^2=0,73$  (5)  $y=101,37+0,531064^{**}x-0,0020982^{**}x^2$   $R^2=0,99$  (6)  $y=70,14-0,138959x+0,000789x^2$   $R^2=0,25$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 4 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para altura de plantas aos 6 MAP no solo natural (A) e aos 8 MAP no solo estéril (B). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.1.4 Área foliar

No solo natural a área foliar não foi afetada pelos fatores dose e inoculação (Tabela 8). No solo estéril a área foliar foi afetada pela interação Dxl. A adubação nitrogenada aumentou a área foliar da mandioca tanto na presença e na ausência da bactéria, porém na presença de *A. brasilense* a área foliar foi maior, sendo que nas maiores doses é que se obteve maior área foliar (Figura 5).

Mesmo que para a variável área foliar do solo natural não se obteve diferença estatística, ela foi superior a área foliar obtida em solo estéril. Quanto maior a

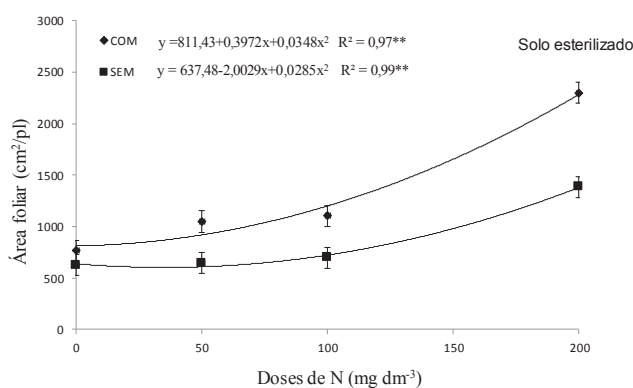
quantidade de N maior será a área foliar, principalmente no solo natural onde pode ocorrer bactérias nativas que podem auxiliar o *A. brasilense* na fixação de N.

**Tabela 8 - Área foliar das plantas (cm<sup>2</sup>/pl) da cultura da mandioca aos 8 MAP em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo natural	Solo estéril
	Área foliar	Área foliar
	(cm <sup>2</sup> /pl)	
Doses de N (D)		
0	5928,3	694,0
50	6394,5	845,3
100	7032,5	899,4
200	6837,0	1840,6
Efeito	ns	(1)
Inoculação (I)		
Com	6702,9 a	1302,8 a
Sem	6393,1 a	836,0 b
Interação Dxl	ns	*
CV (%)	16,9	13,2

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=724,67-0,806860+0,031677x^2$   $R^2=0,98$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 5 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a área foliar no solo estéril da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.1.5 Número, comprimento, diâmetro e produtividade de raízes tuberosas

O número de raízes tuberosas por planta no solo natural foi afetado pelo fato isolado e pela interação Dxl no solo estéril (Tabela 9). No solo natural a adubação nitrogenada reduziu o número de raízes por planta de forma linear. Um dos fatores que pode ter influenciado a ausência do efeito significativo da inoculação nas plantas



foi a competição das bactérias nativas do solo. De acordo com Brandão (1992), a sobrevivência e a atividade de uma população bacteriana do solo são influenciadas por vários fatores ambientais, como competição com microorganismos nativos do solo, umidade, temperatura, salinidade e pH. No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou até a dose estimada de  $134 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, na ausência da bactéria a adubação nitrogenada não teve resposta no número de raiz por planta (Figura 6A). Já neste solo quando se teve a bactéria e adubação se teve um maior número de raízes tuberosas, mostrando que o *A. brasilense* na ausência de outras bactérias consegue aumentar o número de raízes devido aos fitos hormônios que estas bactérias produzem.

O comprimento das raízes no solo natural e no solo estéril foram afetados pela interação Dxl (Tabela 9). No solo natural a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou o comprimento de raízes tuberosas até a dose estimada de  $95 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, já sem a inoculação do *A. brasilense* a adubação nitrogenada não alterou o comprimento das raízes (Figura 6B). Mostrando que quando se tem a inoculação do *A. brasilense* com a adubação nitrogenada comprimento da mandioca é maior devido ao efeito que as bactérias têm em produzir fito hormônios.

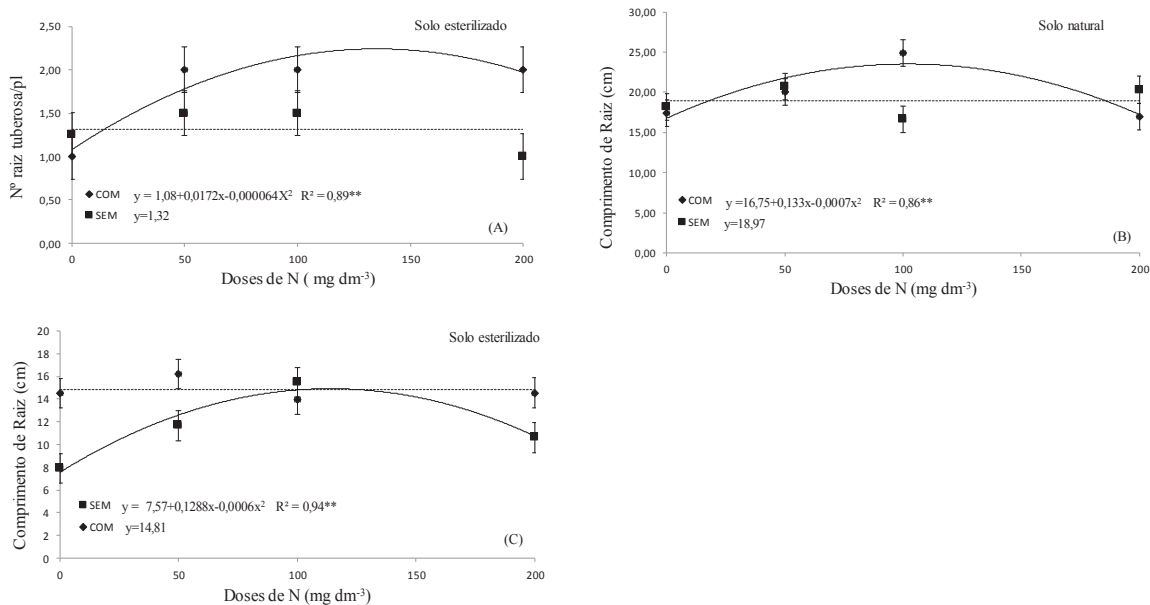
No solo estéril o comprimento das raízes aumentou com a adubação nitrogenada na ausência da bactéria até a dose estimada de  $107 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, mas quando se teve a presença do *A. brasilense* o comprimento das raízes não foi alterado pela aplicação de N, porém foi maior que no tratamento sem a presença da bactéria (Figura 6C). Foi relatado que o IAA exógeno produzido por bactérias promotoras de crescimento aumenta o crescimento e desenvolvimento de plantas, como também no alongamento da raiz e formação de raízes laterais (AHEMAD e KIBRET, 2014).

**Tabela 9 - Número e comprimento (cm) de raízes tuberosas por planta da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	Número raiz	Número raiz	Comprimento	Comprimento
	(cm)			
Doses de N (D)				
0	3,87	1,12	17,80	11,22
50	3,53	1,75	20,36	13,93
100	3,62	1,75	20,75	14,73
200	3,00	1,50	18,66	12,58
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)
Inoculação (I)				
Com	3,56 a	1,75 a	19,81 a	14,81 a
Sem	3,45 a	1,31 b	18,96 a	11,43 b
Interação Dxl	ns	*	*	*
CV (%)	18,46	23,23	11,71	13,65

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade (1)  $y=3,86-0,04064*x$   $R^2=0,88$  (2)  $y=1,16+0,011807**x-0,000051**x^2$   $R^2=0,90$  (3)  $y=17,89+0,057351**x-0,000269**x^2$   $R^2=0,97$  (4)  $y=11,27+0,064883**x-0,000293**x^2$   $R^2=0,99$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente

**Figura 6 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número de raiz tuberosa no solo estéril (A), comprimento de raiz no solo natural (B) e comprimento de raiz no solo estéril (C) da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



O diâmetro das raízes tuberosas em ambos os solos não teve influência dos fatores estudados (Tabela 10).

A produtividade de raízes em ambos os solos foi afetada pela interação Dxl (Tabela 10). No solo natural a adubação nitrogenada na ausência da bactéria reduziu linearmente a produtividade das raízes tuberosas, mas na presença do *A. brasilense* a adubação nitrogenada aumentou a produtividade até a dose estimada de  $57 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, e após esta dose houve redução da produtividade (Figura 7A). Quando se teve a inoculação do *A. brasilense* a produtividade foi superior do que na ausência da bactéria. Estudos feitos em outros países também mostraram que a inoculação das plantas de mandioca com *A. brasilense* melhorou significativamente a produtividade de raízes (HRIDYA et al., 2013). Pois quando se tem a adubação nitrogenada com a inoculação da bactéria, conseqüentemente se tem uma maior quantidade de N disponível para a planta, então terá uma maior produtividade e observando que quando não se teve a inoculação do *A. brasilense* se teve uma redução dessa produtividade. Mostrando que a bactéria auxilia no aumento da produtividade de raízes tuberosas.

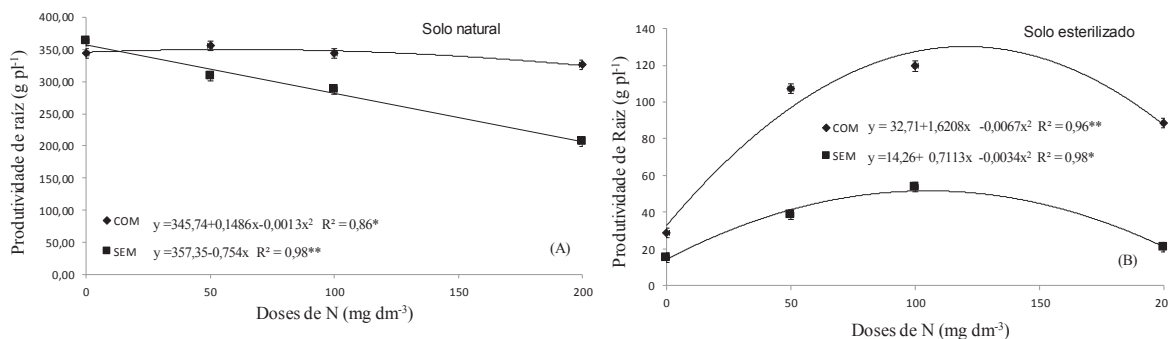
No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a produtividade de raízes na presença e na ausência da bactéria aumentando até a dose estimada de 121 e  $104 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, respectivamente. Porém esta produtividade foi bem inferior do que no solo natural, pois quando se faz a esterilização do solo, todos os microrganismos morrem e aquele solo fica sem a presença dos organismos vivos, que ajudam no crescimento da planta e conseqüentemente na produtividade (Figura 7). Mostrando que a adubação com a presença da bactéria tanto no solo natural ou estéril foi maior e ainda superior no solo natural, por ter a presença das bactérias nativas do solo, porém nas doses mais altas de N a produtividade teve uma redução, pois as bactérias morrem com o efeito salino do adubo.

**Tabela 10 – Diâmetro das raízes e produtividade de raízes tuberosas por planta da cultura da mandioca aos 8 MAP em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	Diâmetro	Diâmetro	Produtividade	Produtividade
	(mm)		(g pl <sup>-1</sup> )	
Doses de N (D)				
0	27,87	19,71	353,12	22,00
50	28,15	22,20	332,37	73,12
100	31,21	18,70	315,50	86,50
200	30,31	21,55	266,12	54,75
Efeito	ns	ns	(1)	(2)
Inoculação (I)				
Com	27,95 b	21,08 a	342,18 a	86,12 a
Sem	30,82 a	20,00 a	291,37 b	32,06 b
Interação Dxl	ns	ns	*	*
CV (%)	12,44	12,71	3,07	6,06

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>  $y = 354,70 - 0,433357^{**}x$   $R^2 = 0,99$  <sup>(3)</sup>  $y = 23,49 + 1,166068^{**}x - 0,0005061^{**}x^2$   $R^2 = 0,98$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 7 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de para produtividade de raízes no solo natural (A), produtividade de raízes no solo estéril (B). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum* Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.1.6 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes absorvente e raízes tuberosas

O acúmulo de matéria seca vegetal é resultado do processo fotossintético capaz de fixar carbono atmosférico através da conversão da energia luminosa em energia química (TAIZ e ZEIGER, 2009). As taxas de acúmulo de matéria seca variam nas diferentes fases de desenvolvimento da planta e a eficiência desta conversão determina parcialmente a produtividade agrícola (GARCIA et al., 2003), sendo que o carregamento dos fotoassimilados para a parte de interesse comercial é que determina de fato a produtividade (RAJCAN e TOLLENAAR, 1999; SUN et al., 2009).

O acúmulo de MS nas folhas em ambos os solos foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 11). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a MS das folhas até a dose estimada de  $126 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. No solo estéril a adubação nitrogenada teve um aumento linear, sendo maior na presença da bactéria (Tabela 11). Isso corrobora com os resultados encontrados por vários autores, como por exemplo, Majerowicz et.al 2002, que demonstraram que o aumento na dose N proporcionou maior teor de massa seca. Contudo, independentemente da inoculação de *A. brasilense* o acúmulo de MS das folhas sempre foi maior no solo natural em comparação ao solo estéril.

A MS das hastes no solo estéril e no solo natural foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 11). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a MS das hastes até a dose estimada de  $123 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, sendo maior quando se teve o *A. brasilense*. No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou linearmente a MS das hastes, sendo maior na presença da bactéria (Tabela 11). Fernandes et al. (2005) observaram também que quanto maior a disponibilidade de N, maior foi o acúmulo de massa seca na planta.

A MS das cepas no solo natural foi afetado pelo fator inoculação e pela interação Dxl no solo estéril (Tabela 11). No solo natural a adubação nitrogenada não obteve resposta positiva sobre a MS de cepas. Na ausência do *A. brasilense* a MS das cepas foi maior do que na presença da bactéria (Tabela 11).

No solo estéril adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou MS das cepas até a dose estimada de  $128 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, mas na ausência da bactéria a adubação nitrogenada reduziu a MS das cepas até a dose estimada de  $54 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, e após esta dose houve aumento da MS das cepas (Figura 8A).

A MS das raízes absorventes no solo natural não foi influenciada significativamente nem para doses de N e nem para inoculação, mas no solo estéril a MS das raízes absorventes foi afetada pelos fatores isolados (Tabela 11). No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a MS das raízes absorventes até a dose estimada de  $101 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, sendo maior na presença do *A. brasilense*. As bactérias do gênero *Azospirillum* aumentam a massa de raízes, conseqüentemente alteram seu funcionamento e também proporcionam mudanças na morfologia destas e dos pelos radiculares (DALLA SANTA et al., 2004).

A MS das raízes tuberosas em ambos os solos foi afetado pela interação Dxl (Tabela 11). No solo natural a adubação nitrogenada, na ausência da bactéria

promoveu redução linear na MS das raízes tuberosas, mas na presença do *A. brasilense* não houve resposta da adubação nitrogenada para esta variável; porém, quando se teve a presença da bactéria a MS das raízes tuberosas foi maior (Figura 8B).

No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a MS das raízes tuberosas tanto na presença como na ausência da bactéria até as doses estimadas de 121 e 104 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente (Figura 8C). O N é o segundo nutriente mais absorvido pela cultura da mandioca, o que demonstra que o fornecimento adequado de N é fundamental para se obter melhores produtividades (HOWELER, 1981).

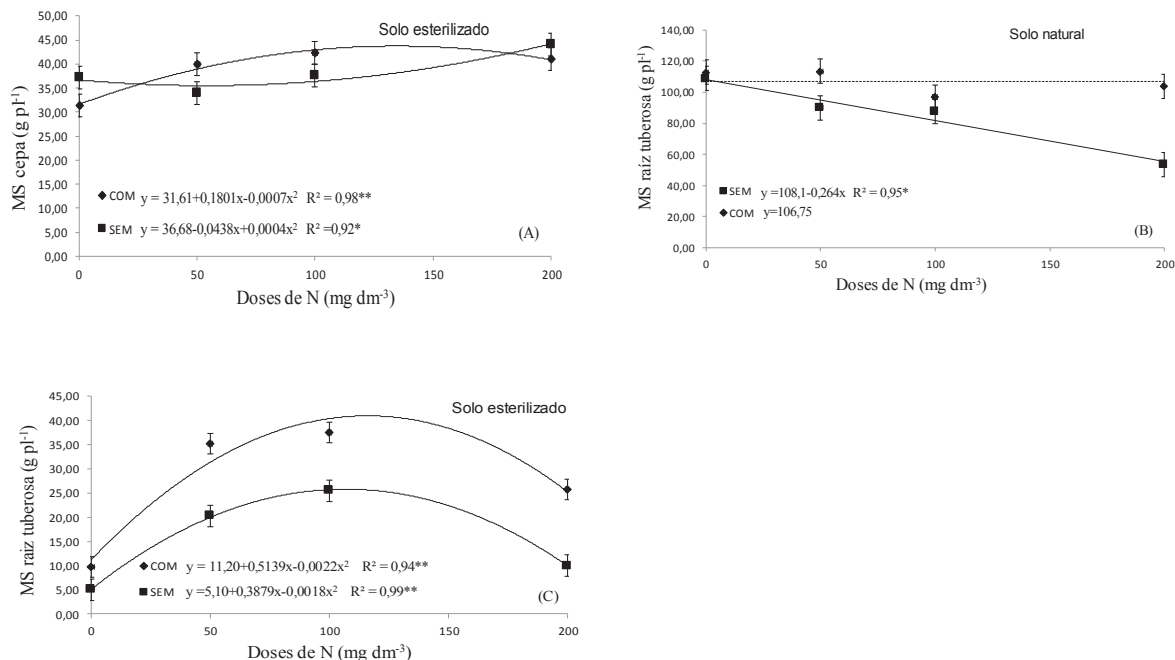
O acúmulo de MS na planta inteira no solo natural foi afetado pelo fator inoculação e no solo estéril o acúmulo de MS na planta inteira foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 11). No solo natural quando se teve a presença da bactéria o acúmulo de MS na planta foi maior. No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a MS da planta inteira até a dose estimada de 131 mg dm<sup>-3</sup> de N, sendo maior na presença na bactéria. Esses resultados se devem ao fato que a inoculação com a bactéria diazotrófica aumenta a absorção de água e nutrientes e conseqüentemente a matéria seca das plantas será maior (DOBBELAERE; OKON, 2007).

**Tabela 11 - Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes absorventes, raízes tuberosas e na planta inteira da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	Folha	Folha	Haste	Haste	Cepa	Cepa	Raízes abs	Raízes abs	Raízes Tub	Raízes Tub	Planta inteira	Planta inteira
(g pl <sup>-1</sup> )												
Doses de N (D)												
0	36,25	11,87	66,12	22,50	49,87	34,26	17,25	9,62	110,75	7,37	283,25	85,62
50	40,75	13,93	79,75	28,63	46,87	36,93	18,75	13,62	106,25	27,75	301,25	125,38
100	43,25	13,75	87,66	26,40	45,62	39,87	19,25	13,25	92,37	31,50	289,37	124,75
200	41,00	19,80	79,24	32,16	47,50	42,50	17,25	10,25	78,62	17,87	275,25	122,50
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	ns	(5)	ns	(6)	(7)	(8)	ns	(9)
Inoculação (I)												
Com	41,12 a	16,51 a	82,39 a	39,43 a	44,37 b	38,60 a	18,00 a	12,50 a	106,75a	27,06 a	305,00 a	125,06 a
Sem	39,50 a	13,15 b	74,00 b	24,41 b	50,56 a	38,18 a	18,25 a	10,87 b	87,25 b	15,18 b	269,56 b	104,06 b
Interação Dxl	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns
CV (%)	10,73	14,10	6,98	13,66	10,63	8,38	14,65	18,89	10,90	14,08	11,36	14,38

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5%. <sup>(1)</sup>  $y=36,21+0,115341^{**}x-0,000457^{*}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(2)</sup>  $y=11,47+0,038393^{**}x$   $R^2=0,90$  <sup>(3)</sup>  $y=65,9+0,359961^{**}x-0,001465^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(4)</sup>  $y=23,80+0,041400^{**}x$   $R^2=0,76$  <sup>(5)</sup>  $y=34,80+0,040986^{**}x$   $R^2=0,96$  <sup>(6)</sup>  $y=9,92+0,077284^{**}x-0,000381^{**}x^2$   $R^2=0,91$  <sup>(7)</sup>  $y=111,70-0,168000^{**}x$   $R^2=0,97$  <sup>(8)</sup>  $y=8,15+0,450909^{**}x-0,002018^{**}x^2$   $R^2=0,97$  <sup>(9)</sup>  $y=88,90+0,685561^{**}x-0,002615^{**}x^2$   $R^2=0,88$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 8 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a MS das cepas no solo estéril (A) e MS das raízes tuberosas nos solos natural (B) e estéril (C). SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*; Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.1.7 Partição de MS para as folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas

A partição de MS para as folhas no solo natural foi afetada pelos fatores isolados e no solo estéril pelo fator dose (Tabela 12). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou linearmente a partição de MS para as folhas, sendo maior na ausência da bactéria. No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a partição de MS para as folhas até a dose estimada de 85 mg dm<sup>-3</sup> de N (Tabela 12). A partição de MS nas folhas em ambos os solos foi aumentada com a adubação nitrogenada, mostrando que o nitrogênio é uma fonte importante para se ter uma partição de MS.

A partição de MS para as hastes em ambos os solos foi afetada somente pelo fator dose (Tabela 12). A adubação nitrogenada aumentou a MS das hastes até a dose estimada de 143 e 98 mg dm<sup>-3</sup> de N, no solo natural e no solo estéril



respectivamente, resultados novamente mostrando a importância que o nitrogênio tem sobre o crescimento vegetativo das plantas.

A partição de MS para as cepas no solo natural foi afetada somente pelo fator inoculação e no solo estéril a partição de MS para as cepas foi afetada pelos fatores isolados (Tabela 12). No solo natural e na ausência da bactéria, a partição de MS para as cepas foi maior. No solo estéril a adubação nitrogenada reduziu a partição da MS para as cepas até a dose estimada de  $110 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, sendo maior quando se teve a inoculação do *A. brasilense* (Tabela 12).

A partição de MS para as raízes absorventes no solo natural foi afetada somente pelo fator inoculação e no solo natural apenas pelo fator dose (Tabela 12). No solo natural e na ausência da bactéria houve uma maior partição de MS para as raízes. No solo estéril a adubação nitrogenada reduziu linearmente a partição de MS para as raízes absorventes (Tabela 12).

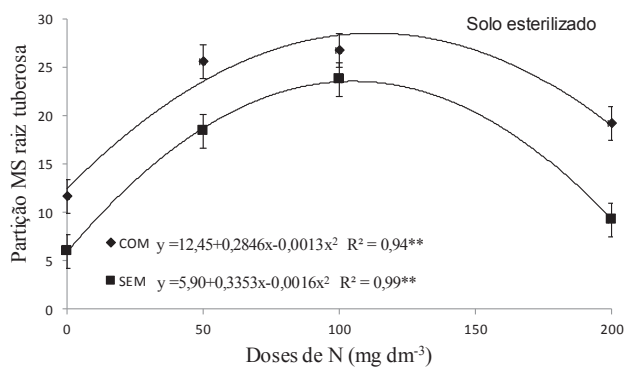
A partição de MS para as raízes tuberosas no solo natural foi afetada somente pelo fator dose e pela interação Dxl no solo estéril (Tabela 12). No solo natural a adubação nitrogenada reduziu linearmente a partição de MS para as raízes tuberosas. No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a partição de MS para as raízes tuberosas tanto na presença e como na ausência da bactéria até as doses estimadas de 109 e  $104 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, respectivamente, sendo que na presença da bactéria a partição de MS para as raízes tuberosas foi maior (Figura 9).

**Tabela 12 - Partição de MS para as folhas, hastes, cepas, raízes absorventes e raízes tuberosas na cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	Folha	Folha	Haste	Haste	Cepa	Cepa	Raízes abs	Raízes abs	Raízes Tub	Raízes Tub
	(%)									
Doses de N (D)										
0	12,85	13,92	23,47	26,30	17,63	40,17	6,12	11,11	39,37	8,55
50	13,80	11,34	26,88	23,31	15,97	30,07	6,50	11,20	35,92	21,99
100	15,06	11,30	30,50	21,43	16,01	32,81	6,81	10,76	32,22	25,25
200	15,25	16,10	29,46	26,82	17,82	35,69	6,47	8,98	27,90	14,23
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	ns	(5)	ns	(6)	(7)	(8)
Inoculação (I)										
Com	13,50 b	13,21 a	27,06 a	24,92 a	14,63 b	31,37 b	5,97 b	10,32 a	35,21 a	20,67 a
Sem	14,98 a	13,12 a	28,10 a	24,01 a	19,08 a	38,00 a	6,98 a	10,70 a	32,49 a	14,34 b
Interação Dxl	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	12,96	6,74	10,76	17,98	13,57	13,73	20,79	10,38	15,51	13,58

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5%. <sup>(1)</sup>  $y=13,19+0,011979*x$   $R^2=0,82$  <sup>(2)</sup>  $y=13,85-0,065295**x+0,000383**x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(3)</sup>  $y=23,23+0,104117**x-0,000363**x^2$   $R^2=0,97$  <sup>(4)</sup>  $y=26,46-0,095775*x+0,000487*x^2$   $R^2=0,98$  <sup>(5)</sup>  $y=39,05-0,154840**x+0,000699**x^2$   $R^2=0,72$  <sup>(6)</sup>  $y=11,50-0,011289**x$   $R^2=0,86$  <sup>(7)</sup>  $y=38,86-0,057186**x$   $R^2=0,98$  <sup>(8)</sup>  $y=8,90+0,315101**x-0,001445**x^2$   $R^2=0,99$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 9 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a partição de MS nas raízes tuberosas da mandioca no solo estéril. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.1.8 Determinação dos teores de amido e açúcares redutores nas folhas, hastes, raízes absorventes e raízes tuberosas

No solo natural o teor de açúcar redutor (AR) nas folhas foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 13). No solo natural a adubação nitrogenada na presença da bactéria reduziu o teor de AR nas folhas até a dose estimada de 149 mg dm<sup>-3</sup> de N, enquanto na ausência do *A. brasilense* a adubação nitrogenada reduziu linearmente de AR nas folhas (Figura 10A).

O teor de amido nas folhas foi afetado pela interação Dxl em ambos os solos (Tabela 13). No solo natural a adubação nitrogenada na presença da bactéria reduziu o teor de amido nas folhas, já na ausência da bactéria a adubação nitrogenada aumentou o teor de amido nas folhas até a dose estimada de 101 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 10B).

No solo estéril a adubação nitrogenada na presença do *A. brasilense* reduziu o teor de amido nas folhas e na ausência da bactéria a adubação nitrogenada não alterou significativamente os teores foliares de amido (Figura 10C). Em trabalho realizado por Asher (1975), foi constatado que a adubação nitrogenada também não aumentou o teor de amido.

Com relação aos açúcares redutores presentes nas hastes da mandioca em ambos os solos o teor de AR foi afetado somente pelo fator dose (Tabela 13). No

solo natural a adubação nitrogenada reduziu linearmente o teor de AR nas hastes; e no solo estéril a adubação nitrogenada aumentou linearmente os teores de AR (Tabela 13).

No solo natural o teor de amido nas hastes foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril o teor de amido foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 13). No solo natural a adubação nitrogenada na presença da bactéria reduziu o teor de amido nas hastes, e na ausência da bactéria não se teve alteração nos teores de amido proporcionados pela adubação nitrogenada (Figura 10D).

O teor de AR nas cepas no solo natural foi afetado pela interação Dxl, mas no solo estéril o teor de AR foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 14). No solo natural a adubação nitrogenada na ausência da bactéria reduziu o teor de AR nas cepas, mas na presença da bactéria não houve alteração nos teores de AR em função da adubação nitrogenada (Figura 10 E).

No solo natural o teor de amido das cepas foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril o teor de amido foi afetado pelo fator dose (Tabela 14). No solo natural a adubação nitrogenada na ausência do *A. brasilense* aumentou o teor de amido nas cepas até a dose estimada de  $158 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, mas na presença da bactéria não houve alteração no teor de amido das cepas em função da adubação nitrogenada (Figura 10F). No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou o teor de amido das cepas até a dose estimada de  $131 \text{ mg dm}^{-3}$  de N (Tabela 14). As plantas de mandioca por terem sofrido um estresse, deslocou uma grande quantidade de amido para cepa.

O teor de AR nas raízes absorventes em ambos os solos foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 14). No solo natural a adubação nitrogenada reduziu o teor de AR nas raízes absorventes até a dose estimada de  $102 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. No solo estéril a adubação nitrogenada reduziu linearmente o teor de AR das raízes absorventes. Em ambos os solos teve uma redução do AR nas raízes absorventes

O teor de amido nas raízes absorventes no solo natural não teve influência nem para doses e nem para inoculação (Tabela 14). No solo estéril o teor de amido nas raízes absorventes foi afetado somente pelo fator dose, sendo que a adubação nitrogenada aumentou o teor de amido até a dose estimada de  $122 \text{ mg dm}^{-3}$  de N.

O teor de AR nas raízes tuberosas no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril não houve efeito nem das doses de N, nem da inoculação sobre os teores de AR nas raízes tuberosas (Tabela 15). Entretanto, Rodrigues et al.

(1995) verificaram que a desinfestação do solo prejudica o desenvolvimento das plantas.

No solo natural a adubação nitrogenada na ausência da bactéria aumentou o teor de AR nas raízes tuberosas até a dose estimada de  $53 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, mas após esta dose houve a redução do teor de AR. Na presença do *A. brasilense* não houve diferença da adubação nitrogenada sobre o teor de AR, sendo que na presença da bactéria o teor de AR foi maior do que na ausência (Figura 10G). Como observado nas doses intermediárias e altas de N o teor de AR diminui nas raízes tuberosas.

O teor de amido nas raízes tuberosas no solo natural foi afetado somente pelo fator dose e no solo estéril o teor de amido foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 15). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o teor de amido nas raízes tuberosas até a dose estimada de  $152 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou o teor de amido nas raízes tuberosas até a dose estimada de  $86 \text{ mg dm}^{-3}$  de N (Tabela 15).

**Tabela 13 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas folhas e hastes da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	% (AR) Folha	% (AR) Folha	%Amido Folha	%Amido Folha	% (AR) Haste	% (AR) Haste	%Amido Haste	%Amido Haste
Doses de N (D)								
0	5,41	7,44	9,33	11,20	1,95	0,71	23,40	16,37
50	3,32	6,62	10,32	11,99	1,78	1,11	21,52	19,67
100	2,88	6,50	9,57	11,13	1,65	1,29	19,06	20,46
200	2,83	4,17	7,51	8,20	1,51	1,65	17,51	16,63
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Inoculação (I)								
Com	3,93 a	5,78 b	10,20 a	10,83 a	1,71 a	1,26 a	22,71 a	19,17 a
Sem	3,30 b	6,64 a	8,17 b	10,42 a	1,73 a	1,12 a	18,03 b	17,04 b
Interação Dxl	*	ns	*	*	ns	ns	*	ns
CV (%)	20,66	14,77	15,65	20,84	23,10	18,40	8,31	9,55

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=9,46+0,017257-0,000136*x^2$   $R^2=0,95$  <sup>(2)</sup>  $y=7,57+0,015911**x$   $R^2=0,93$  <sup>(3)</sup>  $y=9,46+0,017257-0,000136*x^2$   $R^2=0,95$  <sup>(4)</sup>  $y=12,10-0,016828**x$   $R^2=0,74$ . <sup>(5)</sup>  $y=1,91-0,002143*x$   $R^2=0,95$  <sup>(6)</sup>  $y=0,80+0,004481**x$   $R^2=0,95$  <sup>(7)</sup>  $y= 22,96-0,029543**x$   $R^2=0,93$  <sup>(8)</sup>  $y=16,43+0,082018**-,000405*x^2$   $R^2=0,99$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Tabela 14 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas cepas e raízes absorventes da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	% (AR) Cepa	% (AR) Cepa	%Amido Cepa	%Amido Cepa	% (AR) Raiz abs	% (AR) Raiz abs	%Amido Raiz abs	%Amido Raiz abs
Doses de N (D)								
0	1,20	1,14	15,53	12,00	0,98	0,97	0,50	13,82
50	1,41	1,20	17,83	15,60	0,86	0,54	0,53	17,84
100	1,07	1,03	18,57	16,48	0,65	0,52	0,60	17,66
200	1,85	0,98	18,63	15,76	0,98	0,54	0,56	16,83
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	ns	(7)
Inoculação (I)								
Com	1,07 b	1,15 a	17,01 a	15,69 a	0,86 a	0,65 a	0,65 a	16,39 a
Sem	1,19 a	1,03 b	18,28 a	14,22 a	0,87 a	0,63 a	0,44 b	16,69 a
Interação Dxl	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,86	12,87	13,79	15,51	24,27	10,26	19,06	13,63

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=1,26+0,0000622x-0,00014*x$   $R^2=0,76$  <sup>(2)</sup>  $y=1,17=0,000959**x$   $R^2=0,70$  <sup>(3)</sup>  $y=16,44+0,013736*x$   $R^2=0,65$  <sup>(4)</sup>  $y=12,15+0,075015**x-0,000286**x^2$   $R^2=0,97$  <sup>(5)</sup>  $y=1,00-0,005756**x+0,000028**x^2$   $R^2=0,86$  <sup>(6)</sup>  $y=0,94-0,007792**x+0,000029**x^2$   $R^2=0,91$  <sup>(7)</sup>  $y=14,15+0,070647**x-0,000289**x^2$   $R^2=87$ . ns é não significativo. \* e \*\*são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

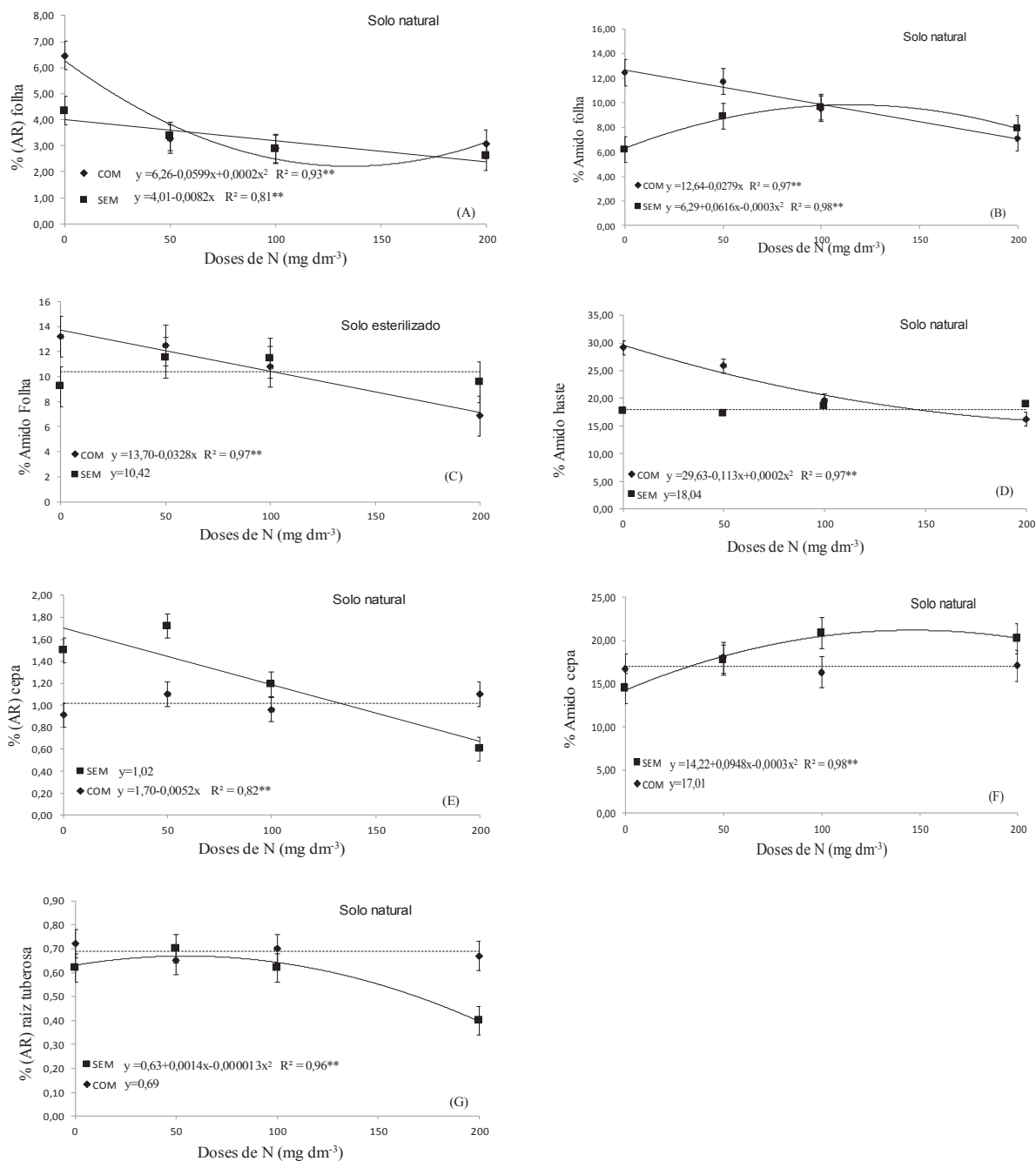
**Tabela 15 – Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	% (AR) Raiz Tuberosa	% (AR) Raiz Tuberosa	%Amido Raiz Tuberosa	%Amido Raiz Tuberosa
Doses de N (D)				
0	0,67	0,50	15,68	25,69
50	0,67	0,53	20,96	29,45
100	0,66	0,52	26,88	29,42
200	0,53	0,54	26,27	23,07
Efeito	(1)	ns	(2)	(3)
Inoculação (I)				
Com	0,68 a	0,52 a	22,01 a	27,87 a
Sem	0,58 b	0,52 a	22,89 a	25,94 b
Interação Dxl	*	ns	ns	ns
CV (%)	14,11	15,64	16,32	7,76

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y = 0,70 - 0,000714x$   $R^2 = 0,83$  <sup>(2)</sup>  $y = 15,29 + 0,160581x - 0,000525x^2$   $R^2 = 0,97$  <sup>(3)</sup>  $y = 25,83 + 0,091490x - 0,000527x^2$   $R^2 = 0,99$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.



**Figura 10 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para teor de AR nas folhas do solo natural (A), teor de amido nas folhas do solo natural (B) e estéril (C), teor de amido nas hastes do solo natural (D), teor de AR nas cepas do solo natural (E), teor de amido nas cepas do solo natural (F) e teor de amido nas raízes tuberosas do solo natural (G) da cultura da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.1.9 Teor, acúmulo e exportação de N

O teor de N nas folhas no solo natural foi afetado somente pelo fator dose e no solo estéril pela interação Dxl (Tabela 16). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor de N nas folhas. No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou linearmente o teor de N nas folhas, no entanto, na ausência da bactéria a adubação nitrogenada não alterou o teor de N foliar (Figura 11A). A bactéria trata-se de uma alternativa capaz de permitir que o produtor diminua o uso de adubos nitrogenados, tendo uma maior economia (DÖBEREINER, 1992).

Para o teor de N nas hastes em ambos os solos houve efeito somente da dose de N (Tabela 16). A adubação nitrogenada aumentou o teor de N nas hastes até a dose estimada de 165 e 65 mg dm<sup>-3</sup> de N, no solo natural e estéril respectivamente.

No solo natural o teor de N nas cepas foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril não se teve respostas nem para dose e nem para inoculação (Tabela 16). O teor de N nas cepas no solo natural na presença da bactéria aumentou até a dose estimada de 124 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas na ausência do *A. brasilense* houve um aumento linear no teor de N nas cepas (Figura 11B).

O teor de N nas raízes absorventes no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril o teor de N foi afetado pelo fator dose (Tabela 16). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor de N nas raízes absorventes em ambos os solos tanto na presença como na ausência do *A. brasilense* (Figura 11C). No solo estéril a adubação nitrogenada teve uma resposta linear para o teor de N nas raízes absorventes (Tabela 16).

O teor de N nas raízes tuberosas no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril foi afetado pelo fator inoculação (Tabela 16). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o teor de N nas raízes tuberosa até a dose estimada de 113 e 143 mg dm<sup>-3</sup> de N na presença e na ausência da bactéria, sendo que os teores de N nas raízes tuberosas foram maiores na presença da bactéria (Figura 11D).

O acúmulo de N nas folhas da mandioca cultivada no solo natural foi afetado pelo fator dose e no solo estéril foi pelos fatores isolados (Tabela 17). O acúmulo de N nas folhas das plantas do solo natural aumentou com a adubação nitrogenada até

a dose estimada de  $157 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e no solo estéril a adubação nitrogenada também aumentou linearmente o acúmulo de N nas folhas, porém quando se teve a inoculação da bactéria o acúmulo de N foi maior (Tabela 17).

O acúmulo de N nas hastes das plantas cultivadas no solo natural foi afetado pelo fator dose e no solo estéril pelos fatores isolados. No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o teor de N até a dose estimada de  $142 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e no solo estéril a adubação nitrogenada teve uma resposta linear no sobre o acúmulo de N nas hastes das plantas, sendo que na presença da bactéria o acúmulo de N nas hastes foi maior (Tabela 17).

O acúmulo de N nas cepas das plantas do solo natural foi afetado pelos fatores estudados, mas no solo estéril o acúmulo de N foi afetado pela interação Dxl (Tabela 17). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou linearmente o acúmulo de N nas cepas e na ausência do *A. brasilense* o acúmulo de N foi maior do que no tratamento em que a bactéria estava presente (Tabela 17). No solo estéril o acúmulo de N nas cepas aumentou com a adubação nitrogenada na presença da bactéria até a dose estimada de  $115 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, enquanto na ausência da bactéria houve uma resposta linear a aplicação de N sobre as quantidades de N acumuladas nas cepas da mandioca (Figura 12A).

O acúmulo de N nas raízes absorventes no solo natural foi afetado somente pelo fator dose e no solo estéril esta variável foi afetada isoladamente pelos fatores estudados (Tabela 17). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou de forma linear o acúmulo de N nas raízes absorventes. No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou até a dose estimada de  $101 \text{ mg dm}^{-3}$  de N o acúmulo de N nas raízes absorventes (Tabela 17).

A exportação de N para as raízes tuberosas foi afetado pela interação Dxl em ambos os solos (Tabela 17). No solo natural a adubação nitrogenada na presença da bactéria não teve influência sobre o acúmulo de N nas raízes tuberosas, mas na ausência do *A. brasilense* a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de N até a dose estimada de  $95 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. No entanto, quando se teve a inoculação da bactéria, o acúmulo de N nas raízes tuberosas foi superior ao tratamento que não tinha a bactéria (Figura 12B). No solo estéril e na presença da bactéria, o acúmulo de N nas raízes tuberosas aumentou até a dose estimada de  $118 \text{ mg dm}^{-3}$  N e quando não houve a inoculação do microrganismo o aumento ocorreu até a dose

estimada de  $107 \text{ mg dm}^{-3} \text{ N}$ , sendo que na presença do *A. brasilense* o acúmulo de N foi maior (Figura 12C).

O acúmulo de N na planta inteira no solo natural foi afetado pelos fatores isolados e pela interação Dxl no solo estéril (Tabela 18). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de N na planta inteira até a dose de  $145 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e quando houve presença da bactéria o acúmulo de N foi maior, ou seja, tanto a inoculação como a adubação nitrogenada aumentaram as quantidades de N absorvidas pelas plantas de mandioca (Tabela 18).

No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou o acúmulo de N na planta até a dose estimada de  $163 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, enquanto que na ausência do *A. brasilense* a adubação nitrogenada proporcionou um aumento linear (Figura 12D). Os resultados mostraram que a bactéria melhora a nutrição nitrogenada das plantas e aumenta o acúmulo de N em algumas partes da planta de mandioca.

**Tabela 16 - Teor de N nas folhas, hastes, cepas, raízes absorvente e raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e solo estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	Folha	Folha	Haste	Haste	Cepa	Cepa	Raiz abs	Raiz abs	Raiz Tub	Raiz Tub
(g/kg)										
Doses de N (D)										
0	34,31	33,50	7,73	16,19	5,87	9,20	11,07	12,81	4,45	7,10
50	37,75	32,27	10,35	15,93	8,20	10,03	13,47	14,45	5,56	7,06
100	42,21	38,31	11,38	17,41	9,12	10,05	12,93	16,23	6,36	7,28
200	44,38	39,62	12,10	15,37	10,85	9,68	16,31	16,96	5,77	7,67
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	ns	(6)	(7)	(8)	ns
Inoculação (I)										
Com	39,58 a	36,96 a	10,23 a	15,86 a	8,40 a	9,52 a	13,13 a	14,81 a	6,53 a	8,44 a
Sem	39,74 a	34,89 a	10,55 a	16,59 a	8,62 a	9,96 a	13,76 a	15,42 a	4,54 b	6,11 b
Interação Dxl	ns	*	ns	ns	*	ns	*	ns	*	ns
CV (%)	12,82	7,93	9,98	7,54	9,27	10,28	11,86	10,29	13,79	16,13

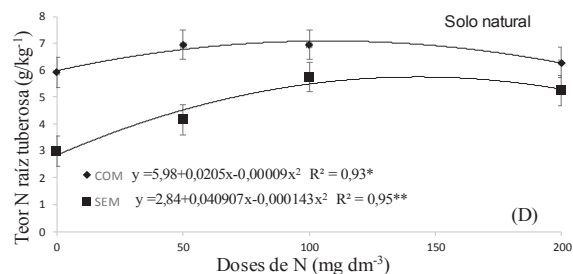
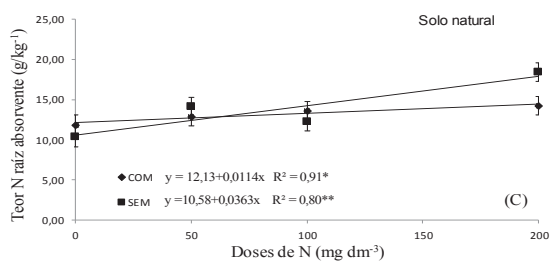
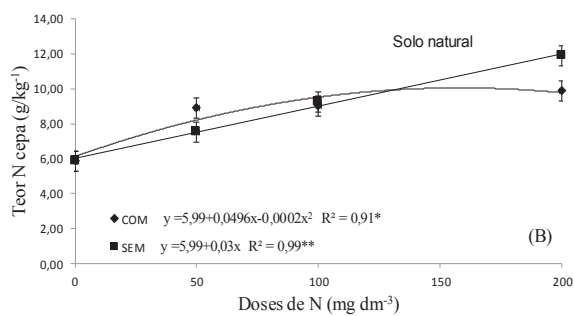
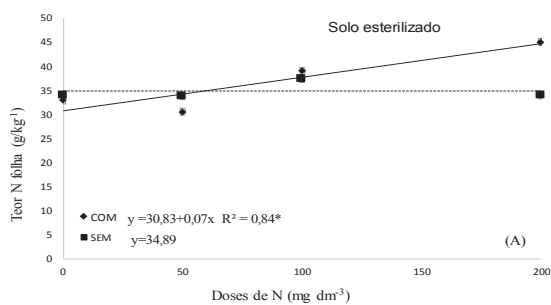
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=35,25+0,050436^{**}x$   $R^2=0,91$  <sup>(2)</sup>  $y=32,75+0,036336^{**}x$   $R^2=0,74$  <sup>(3)</sup>  $y=7,82+0,053633^{**}x-0,000162^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(4)</sup>  $y=15,91+0,021030^{**}x-0,00016^{**}x^2$   $R^2=0,57$  <sup>(5)</sup>  $y=5,98+0,043089^{**}x-0,000095^{**}x^2$   $R^2=0,98$  <sup>(6)</sup>  $y=11,36+0,023886^{**}x$   $R^2=0,88$  <sup>(7)</sup>  $y=13,32+0,020468^{**}x$   $R^2=0,88$  <sup>(8)</sup>  $y=4,41+0,0300680^{**}x-0,000119^{**}x^2$   $R^2=0,99$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Tabela 17 - Acúmulo de N nas folhas, hastes, cepas, raízes absorvente e raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de em de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

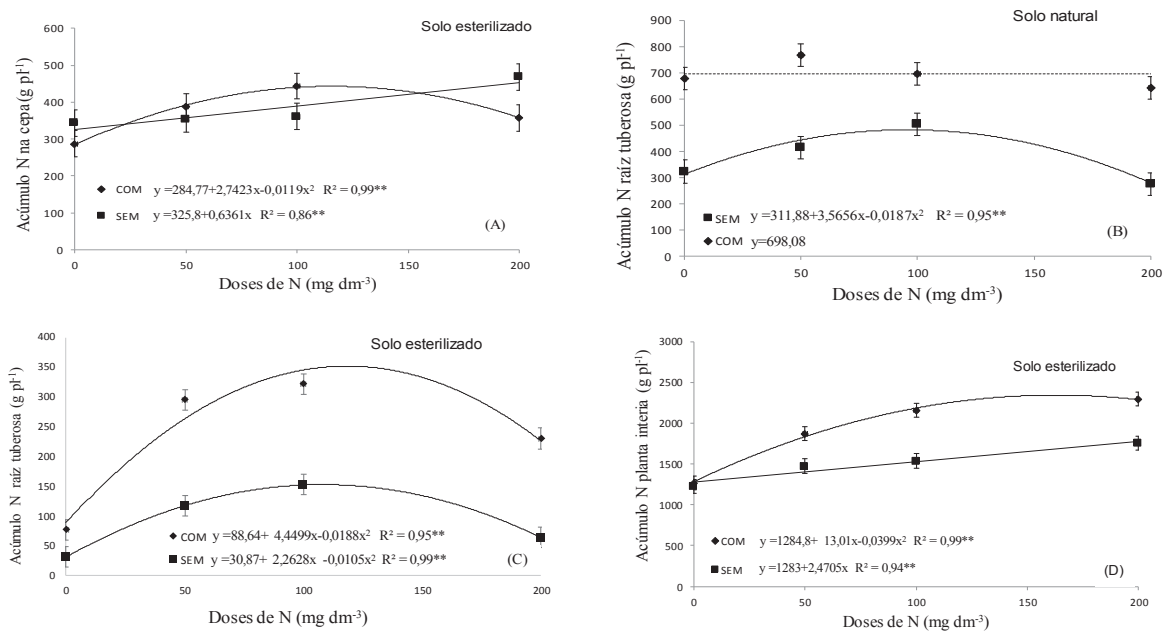
Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	Folha	Folha	Haste	Haste	Cepa	Cepa	Raiz abs	Raiz abs	Raiz Tub	Raiz Tub
	(mg pl <sup>-1</sup> )									
Doses de N (D)										
0	1243,83	395,73	510,67	363,00	294,07	314,76	190,92	121,29	499,74	54,03
50	1553,43	446,47	822,20	453,69	380,57	370,60	255,62	197,59	592,10	206,25
100	1822,35	532,43	999,67	459,42	416,03	402,24	247,90	200,91	599,93	237,50
200	1821,01	794,99	961,43	498,30	515,05	412,64	278,46	163,53	458,56	147,22
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Inoculação (I)										
Com	1640,82 a	627,33 a	855,99 a	484,84 a	374,25 b	368,66 a	236,25 a	185,12 a	696,08 a	231,22 a
Sem	1579,49 a	457,48 b	791,00 a	402,37 b	428,61 a	381,46 a	250,20 a	166,53 b	379,09 b	91,28 b
Interação Dxl	ns	Ns	ns	Ns	ns	*	ns	ns	*	*
CV (%)	18,22	17,10	13,53	18,43	12,91	12,96	17,52	12,16	10,91	14,54

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=1232,46+8,381030^{**}x-0,027097^{*}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(2)</sup>  $y=363,51+2,044454^{*}x$   $R^2=0,96$  <sup>(3)</sup>  $y=510,91+7,532706^{**}x-0,026403^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(4)</sup>  $y=391,50+0,595454^{**}x$   $R^2=0,78$  <sup>(5)</sup>  $y=308,87+1,057850^{**}x$   $R^2=97$  <sup>(6)</sup>  $y=335,01+0,457653^{**}x$   $R^2=0,78$  <sup>(7)</sup>  $y=210,69+0,371836^{**}x$   $R^2=72$  <sup>(8)</sup>  $y=122,79+1,821074^{**}x-0,00899^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(9)</sup>  $y=502,38+2,279872^{**}x-0,012517^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(10)</sup>  $y=59,76+3,356299^{**}x-0,014643^{**}x^2$   $R^2=0,97$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

Figura 11 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de N nas folhas no solo estéril (A), teor de N nas cepas no solo natural (B), teor de N nas raízes absorventes no solo natural (C), teor de N nas raízes tuberosas no solo natural (D) da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )



**Figura 12 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o acúmulo de N nas cepas no solo estéril (A), acúmulo de N nas raízes tuberosas, solo natural (B), acúmulo de nitrogênio nas raízes tuberosas, solo estéril (C), acúmulo de N na planta inteira no solo estéril (D), da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



**Tabela 18 - Acúmulo de N na planta inteira da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril
	Planta inteira	Planta inteira
	(g pl <sup>-1</sup> )	
Doses de N (D)		
0	2739,26	1248,94
50	3616,43	1674,24
100	4073,52	1848,46
200	4034,66	2025,17
Efeito	(1)	(2)
Inoculação (I)		
Com	3803,53 a	1899,20 a
Sem	3428,41 b	1499,20 b
Interação Dxl	ns	*
CV (%)	9,94	6,99

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y = 2747,64 + 20,431686^{**}x - 0,070053^{***}x^2$   $R^2 = 0,99$  <sup>(2)</sup>  $y = 1264,80 + 8,532122^{**}x - 0,023783^{**}x^2$   $R^2 = 0,99$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.



#### 4.1.10 Eficiência de uso do N absorvido

A eficiência do N absorvido pelas plantas em ambos os solos foi afetado somente pelo fator dose. No solo natural e no solo estéril a adubação nitrogenada teve uma resposta linear, ou seja, o aumento nas doses de N reduziu linearmente a eficiência de uso do N absorvido (Tabela 19). Devido as bactérias que existem no solo natural e no solo estéril devido a esterilização do solo.

**Tabela 19 – Eficiência de uso do N absorvido pelas plantas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril
	EUN	EUN
	(g mg <sup>-1</sup> )	
Doses de N (D)		
0	0,103	0,069
50	0,084	0,074
100	0,071	0,068
200	0,067	0,060
Efeito	(1)	(2)
Inoculação(I)		
Com	0,081 a	0,066 a
Sem	0,081 a	0,069 a
Interação Dxl	ns	ns
CV (%)	14,87	15,25

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=0,096650-0,000170**x$   $R^2=0,79$  <sup>(2)</sup>  $y=0,07295-0,000053*x$   $R^2=0,62$ . ns é não significativo. \* e \*\*são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

#### 4.1.11 Índices de qualidade das raízes tuberosas produzidas

##### a) Porcentagem de MS nas raízes tuberosas

A porcentagem de MS nas raízes tuberosas no solo natural não teve influência significativa nem das doses de N e nem da inoculação, mas no solo estéril a porcentagem MS das raízes foi afetada pela interação Dxl (Tabela 20).

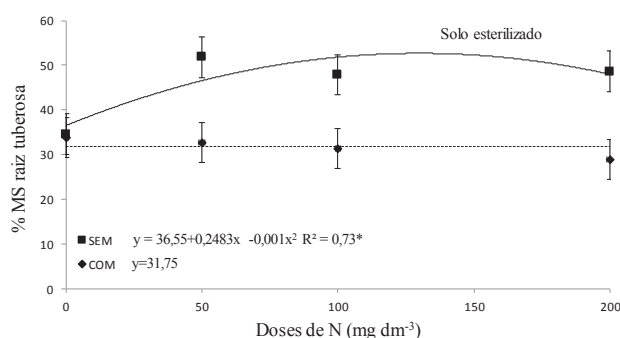
No solo estéril a adubação nitrogenada na ausência da bactéria aumentou a porcentagem de MS das raízes tuberosas até a dose estimada de 124 mg dm<sup>-3</sup> de N, enquanto na presença da bactéria a adubação nitrogenada não alterou a porcentagem de MS nas raízes tuberosas (Figura 13).

**Tabela 20 – Porcentagem de MS nas raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril
	Raízes tuberosas	Raízes tuberosas
	% MS	
Doses de N (D)		
0	31,40	34,26
50	31,98	42,27
100	29,41	39,66
200	28,88	38,80
Efeito	ns	ns
Inoculação (I)		
Com	31,16 a	31,75 b
Sem	29,67 a	45,74 a
Interação Dxl	ns	*
CV (%)	11,22	15,80

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente

**Figura 13 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para porcentagem de MS nas raízes tuberosas no solo estéril, da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



## b) Teor de proteína bruta nas raízes tuberosas

Em ambos os solos o teor de proteína foi afetado pela interação Dxl (Tabela 21). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a porcentagem de proteína das raízes até as doses estimadas de 152 e 76 mg dm<sup>-3</sup> de N na presença e na ausência da bactéria, respectivamente (Figura 14A).

No solo estéril, a adubação nitrogenada na ausência da bactéria teve um aumento linear no teor de proteína das raízes, já na presença do *A. brasilense* a

porcentagem de proteína foi menor do que na ausência da bactéria, porém a adubação nitrogenada não afetou o teor de proteína das raízes (FIGURA 14B).

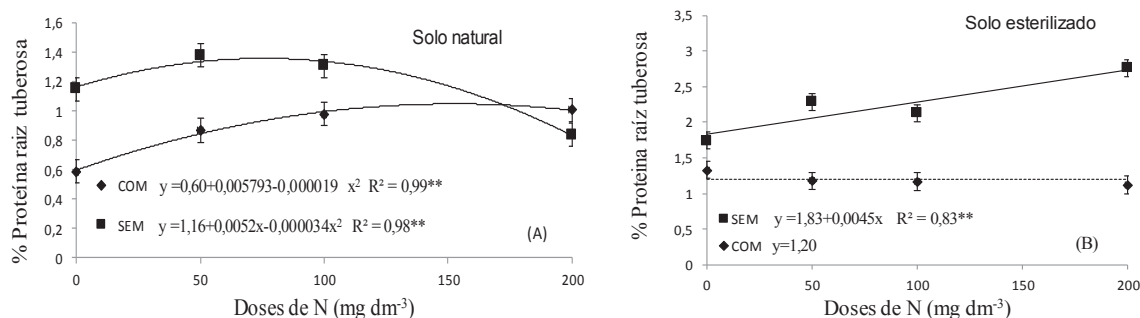
Estes resultados demonstraram que o teor de proteína tem relação com a disponibilidade de N (LEMOS, 2011). Isso ocorre por que a formação de raízes tuberosas está intimamente ligada a translocação de açúcares na planta, sendo que a sacarose e o N contidos nos órgãos vegetativos são transportados das fontes até os drenos garantindo o desenvolvimento das raízes. Assim, grande parte do N translocado para a raiz de reserva será armazenado na forma de proteína (CRAWFORD et al., 1982).

**Tabela 21- Teor de proteína nas raízes tuberosas da cultura da mandioca em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril
	porcentagem na matéria fresca	porcentagem na matéria fresca
Doses de N (D)		
0	0,87	1,54
50	1,12	1,73
100	1,14	1,65
200	0,92	1,94
Efeito	(1)	(2)
Inoculação (I)		
Com	0,59 b	1,20 b
Sem	1,15 a	2,23 a
Interação Dxl	*	*
CV (%)	11,05	9,56

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=0,88+0,005511**x-0,000027**x^2$   $R^2=0,97$  <sup>(2)</sup>  $y=1,56+0,001812**x$   $R^2=0,82$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente

**Figura 14 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de proteína nas raízes tuberosas no solo natural (A), teor de proteína nas raízes tuberosas no solo estéril (B), da mandioca. SEM= sem *Azospirillum*; COM= com *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



## 4.2 Experimento com batata

### 4.2.1 Diagnose foliar

O N é o segundo nutriente mais extraído pela cultura da batata. O N promove um crescimento maior, resultando em aumento na superfície fotossintetizante entre outros atributos (CHAVES & PEREIRA, 1985; FERREIRA et al., 1993; MALAVOLTA et al., 1997).

O teor de N na folha diagnose aos 30 DAE, no solo natural foi afetado pelos fatores isolados e no solo estéril não houve efeito significativo nem para as doses nem para inoculação (Tabela 22). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o teor de N foliar até a dose estimada de 196 mg dm<sup>-3</sup> de N e quando se teve a presença da bactéria o teor de N nas folhas foi maior do que na ausência do *A. brasilense*. Gitti et al. (2012) verificaram que a inoculação de sementes de feijão com *A. brasilense* aumentou o teor de N foliar, no entanto, esses aumentos não foram significativos.

**Tabela 22 - Teor de N na folha diagnose aos 30 DAE da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril
	30 DAE	30 DAE
	(g/kg)	
Doses de N (D)		
0	39,7	52,8
75	45,7	52,8
150	48,4	53,4
300	46,4	50,1
Efeito	( <sup>1</sup> )	ns
Inoculação (I)		
Com	49,07 a	53,73 a
Sem	41,13 b	50,89 a
Interação Dxl	ns	ns
CV (%)	9,94	14,14

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. (<sup>1</sup>)  $y=39,81+0,094580**x-0,000241**x^2$   $R^2=0,99$ . ns é não significativo. \* e \*\*são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

### 4.2.2 Índice relativo de clorofila nas folhas

O SPAD fornece leituras que se correlacionam com o teor de clorofila presente nas folhas das plantas, por ser um instrumento prático e rápido para se avaliar o índice relativo de clorofila nas folhas (IRC), visando que IRC se

correlaciona positivamente com o teor de N na planta (SCHADCHINA & DMITRIEVA, 1995).

O índice relativo de clorofila aos 30 DAE foi afetado pelo fator dose em ambos os solos (Tabela 23). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o IRC linearmente. No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou o IRC até a dose estimada de  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, mostrando que a adubação de N esta correlacionado com o IRC e o teor de nitrogênio nas folhas.

Aos 40 DAE o IRC foi afetado pelo fator dose em ambos os solos (Tabela 23). A adubação nitrogenada aumentou o IRC até a dose estimada de 269 e  $187 \text{ mg dm}^{-3}$  de N no solo natural e no solo estéril, respectivamente (Tabela 23).

Aos 60 DAE no solo natural o IRC foi afetado pelos fatores isolados e no solo estéril o IRC foi afetado pela interação Dxl (Tabela 23). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o IRC das folhas até a dose estimada de  $236 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, e quando se teve a presença do *A. brasilense* o IRC foi maior (Tabela 23).

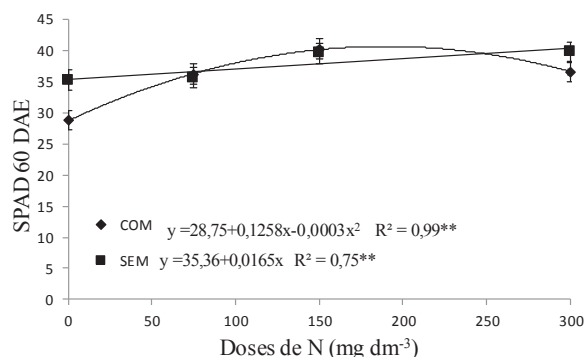
No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou o IRC até a dose estimada de  $209 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e na ausência do *A. brasilense* a adubação nitrogenada teve uma resposta linear sobre o IRC (Figura 15). De maneira geral, os valores obtidos corroboram com os resultados observados por Gil et al. (2002), Silva et al. (2009), Busato et al. (2010), que verificaram variação de 35 a 53 no valor crítico do índice SPAD medido na quarta folha da batata em diferentes condições experimentais, épocas de plantio e cultivares.

**Tabela 23 - Índice relativo de clorofila (IRC) nas folhas da cultura da batata aos 30, 40 e 60 DAE em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	30 DAE	30 DAE	40 DAE	40 DAE	60 DAE	60 DAE
Doses de N (D)						
0	43,84	43,62	38,32	41,81	28,75	32,02
75	45,83	46,31	42,42	43,54	37,07	35,91
150	46,26	48,52	44,32	44,90	38,76	39,89
300	49,08	50,04	46,01	43,74	40,68	38,15
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Inoculação (I)						
Com	46,59 a	47,50 a	42,59 a	43,54 a	36,87 a	35,45 b
Sem	46,91 a	46,74 a	42,95 a	43,45 a	35,76 b	37,53 a
Interação Dxi	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	3,35	4,04	3,39	5,40	3,29	6,00

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. (1)  $y=44,07+0,0166622x^2$   $R^2=0,97$  (2)  $y=43,58+0,043263x-0,000072x^2$   $R^2=0,99$  (3)  $y=38,44+0,05663x-0,000105x^2$   $R^2=0,99$  (4)  $y=41,73+0,033432x-0,000089x^2$   $R^2=0,98$  (5)  $y=29,25+0,102649x-0,000217x^2$   $R^2=0,96$  (6)  $y=31,75+0,079657x-0,000193x^2$   $R^2=0,97$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 15 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o índice SPAD nas folhas da batata aos 60 DAE em solo estéril. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*, para. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.2.3 Número de hastes por planta, altura da haste principal, altura média das hastes, número de folhas da haste principal e número de folhas por planta

O número de hastes por planta no solo natural não foi influenciado nem pelas doses e nem pela inoculação, enquanto no solo estéril esta variável foi afetada pela interação Dxi (Tabela 24). No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria reduziu linearmente o número de hastes por planta, já na ausência do *A. brasilense* nas maiores doses de N se teve a maior quantidade de hastes por planta (Figura 16A).

Aos 40 DAE no solo natural a altura da haste principal foi afetada somente pelo fator dose e no solo estéril não houve influência dos fatores estudados sobre esta variável. No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a altura da haste principal até a dose estimada de  $198 \text{ mg dm}^{-3}$  de N (Tabela 24).

No solo natural a altura da haste principal aos 60 DAE foi afetado pelo fator dose, no solo estéril não se teve influência de nenhum fator estudado (Tabela 24). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a altura da haste principal até a dose estimada de  $183 \text{ mg dm}^{-3}$  de N.

Na colheita a altura da haste principal no solo natural foi afetada pelo fator dose e no solo estéril não se teve influência de nenhum fator estudado (Tabela 24). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a altura da haste principal até a dose estimada de  $196 \text{ mg dm}^{-3}$  de N.

Aos 40 DAE no solo natural a altura média das hastes foi afetado pelo fator dose e no solo estéril não se teve resposta para nenhum fator estudado (Tabela 25). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a altura média das hastes até a dose estimada de  $173 \text{ mg dm}^{-3}$  de N.

Aos 60 DAE a altura média das hastes no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril foi afetado pelo fator dose (Tabela 25). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a altura média das hastes aos 60 DAE até as doses de  $138$  e  $186 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, na presença e na ausência do *A. brasilense*, respectivamente (Figura 16B). O N promoveu o crescimento da planta e consequentemente aumentou a altura das hastes.

Na colheita a altura média das hastes em ambos os solos foi afetado pelo fator dose (Tabela 25). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a altura média das hastes até a dose estimada de  $207 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e no solo estéril a adubação nitrogenada teve uma resposta linear sobre a altura média das hastes das plantas de batata.

**Tabela 24 - Número de hastes por planta aos 40 DAE e altura da haste principal aos 40, 60 DAE e na colheita da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural		Solo Estéril		Solo Natural		Solo Estéril	
	Nº haste/pl				Altura da haste principal (cm)			
	40 DAE	40 DAE	40 DAE	40 DAE	60 DAE	60 DAE	colheita	colheita
Doses de N (D)								
0	4,87	4,87	51,75	62,25	54,50	62,25	41,99	52,83
75	5,00	4,75	59,00	60,75	61,12	61,00	49,42	52,80
150	4,25	4,12	56,75	62,12	60,12	63,75	52,62	53,44
300	4,62	4,75	57,62	61,50	59,25	61,37	51,62	50,18
Efeito	ns	(1)	(2)	ns	(3)	ns	(4)	ns
Inoculação (I)								
Com	4,75 a	4,87 a	56,68 a	61,93 a	60,12 a	62,18 a	49,04 a	53,73 a
Sem	4,62 a	4,37 b	55,87 a	61,37 a	57,37 a	62,00 a	48,91 a	50,89 a
Interação Dxl	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14,25	13,55	6,96	6,85	7,37	10,08	14,26	14,14

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=4,96-0,007947*x+0,000024*x^2$   $R^2=0,69$  <sup>(2)</sup>  $y=52,67+0,063508*x-0,000160*x^2$   $R^2=0,65$  <sup>(3)</sup>  $y=55,15+0,070803*x-0,000193*x^2$   $R^2=0,79$  <sup>(4)</sup>  $y=42,14+0,111517*x-0,000284*x^2$   $R^2=0,99$  ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.



**Tabela 25 - Altura média das hastes aos 40, 60 DAE e na colheita da batata, em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	40 DAE	40 DAE	60 DAE	60 DAE	colheita	colheita
	(cm/pl)					
Doses de N (D)						
0	42,57	55,88	42,93	55,04	41,99	56,46
75	52,20	53,02	51,07	52,65	49,42	52,80
150	51,67	59,22	54,35	55,44	52,62	53,44
300	48,33	51,88	50,19	49,99	51,51	47,05
Efeito	(1)	ns	(2)	(3)	(4)	(5)
Inoculação (I)						
Com	48,18 a	55,30 a	49,86 a	53,07 a	48,86 a	52,17 a
Sem	49,20 a	54,70 a	49,41 a	53,49 a	48,91 a	52,70 a
Interação Dxl	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	9,40	7,34	5,30	6,88	14,79	16,69

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. (1)  $y=43,34+0,115814**x-0,000333**x^2$   $R^2=0,87$  (2)  $y=43,03+0,129972**x-0,000354*x^2$   $R^2=0,99$  (3)  $y= 55,17-0,014425*x$   $R^2=0,53$  (4)  $y=42,13+0,112585*x-0,000272*x^2$   $R^2=0,99$  (5)  $y=56,27-0,029200*x$   $R^2=0,90$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

O número de folhas da haste principal aos 40 DAE no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril não teve influência de nenhum fator estudado sobre esta variável (Tabela 26). Pelo desdobramento da interação, verificou que para o solo natural aos 40 DAE a adubação nitrogenada aumentou o número de folhas da haste principal até as doses estimadas de 226 e 220 mg dm<sup>-3</sup> de N na presença do *A. brasilense* e na ausência, respectivamente (Figura 16C).

Aos 60 DAE no solo natural o número de folhas foi afetado somente pelo fator dose e no solo estéril não houve resposta para nenhum fator estudado (Tabela 26). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou linearmente o número de folhas da haste principal.

Na colheita o número de folhas da haste principal no solo natural foi afetado pela interação Dxl e para o solo estéril não se verificou influência dos fatores estudados sobre esta variável (Tabela 26). No solo natural a adubação nitrogenada na presença da bactéria promoveu aumento linear no número de folhas da haste principal, já na ausência do *A. brasilense* a adubação nitrogenada resultou-se aumento do número de folhas até a dose 187 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 16D).

Não foi observado nenhum efeito dos tratamentos sobre o número de folhas da haste principal no solo estéril, para nenhuma época de avaliação (Tabela 26).

**Tabela 26 - Número de folhas da haste principal aos 40, 60 DAE e na colheita da batata (cv. Ágata) em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	40 DAE	40 DAE	60 DAE	60 DAE	colheita	Colheita
Doses de N (D)						
0	10,75	13,25	10,75	12,00	8,12	9,87
75	14,37	13,37	12,75	12,25	12,00	10,87
150	13,50	13,50	12,62	12,37	12,25	11,62
300	12,75	13,37	13,12	10,75	13,62	11,12
Efeito	(1)	ns	(2)	ns	(3)	ns
Inoculação (I)						
Com	13,00 a	13,25 a	12,18 a	12,00 a	12,18 a	10,87 a
Sem	12,68 b	13,50 a	12,43 a	11,68 a	10,81 b	10,87 a
Interação Dxl	*	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	7,53	12,02	11,61	15,24	14,29	14,01

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=11,14+0,037030*x*-0,000107**x^2$   $R^2=0,73$  <sup>(2)</sup>  $y=11,45+0,006571**x$   $R^2=0,62$  <sup>(3)</sup>  $y=8,44+0,042364**x-0,000085**x^2$   $R^2=0,92$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

O número total de folhas por planta aos 40 DAE no solo natural foi afetado somente pelo fator inoculação e pela interação Dxl no solo estéril (Tabela 27). No solo natural na presença da bactéria obteve-se maior quantidade de folhas por planta. Aos 40 DAE no solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou o número total de folhas até a dose estimada de 83 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas após esta dose houve o decréscimo do número total de folhas, já na ausência da bactéria não houve efeito da adubação nitrogenada sobre esta variável (FIGURA 17A).

Aos 60 DAE em ambos os solos o número total de folhas por planta foi afetado pela interação Dxl (Tabela 27). Aos 60 DAE no solo natural a adubação nitrogenada não alterou o número total de folhas por planta na presença da bactéria, mas na ausência da bactéria a adubação nitrogenada aumentou o número total de folhas por planta até a dose estimada de 82 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 17B). Na presença da bactéria mesmo não havendo efeito do N mineral, o número total de folhas foi maior do que na ausência da inoculação.

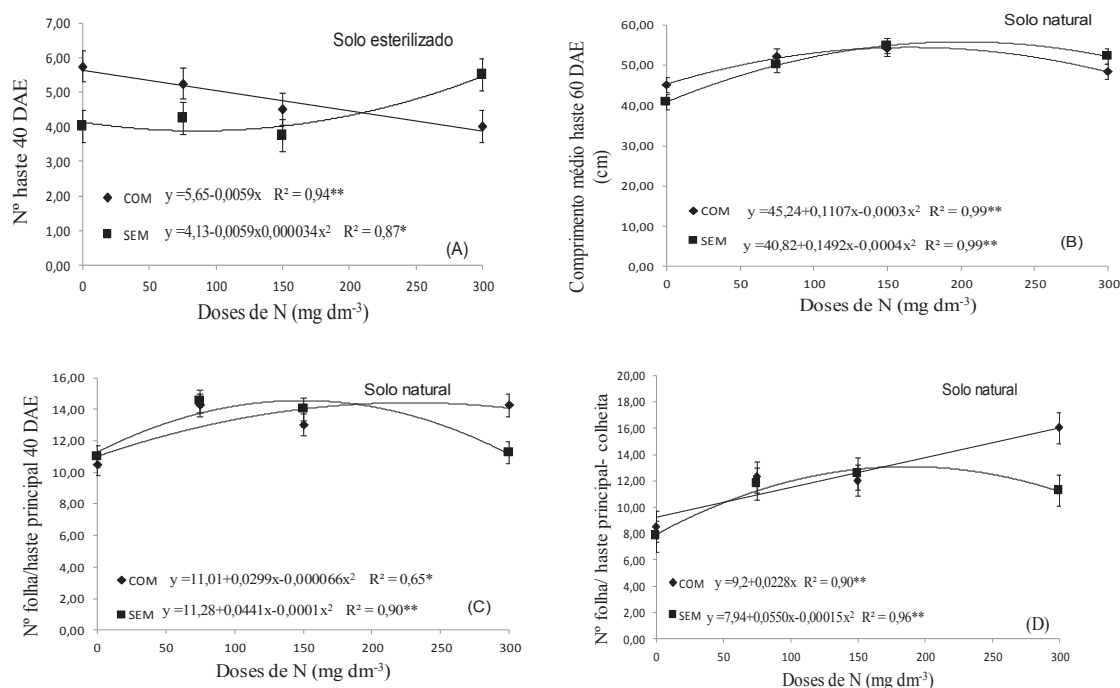
No solo estéril aos 60 DAE quando se teve a presença do *A. brasilense* a adubação nitrogenada promoveu aumento no número total de folhas até a dose estimada de 130 mg dm<sup>-3</sup> e após esta dose o número de folhas reduziu (Figura 17C). Na ausência da bactéria a adubação nitrogenada reduziu o número total de folhas

por planta até a dose estimada de  $147 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, e após esta dose houve aumento na quantidade de folhas total por planta.

Na colheita em ambos os solos o número total de folhas por planta foi afetado pela interação Dxl (Tabela 27). O número total de folhas na colheita na condição de solo natural com a inoculação do *A. brasilense* aumentou até a dose estimada de  $202 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e na ausência da bactéria não houve efeito do N sobre o número total de folhas, mostrando então que a adubação nitrogenada em associação com o *A. brasilense* promoveu aumento do número de folhas (Figura 17D). Bashan & Holguin (2004) relataram que os fitohormônios, principalmente o ácido indol-acético (AIA), excretados pela bactéria *Azospirillum* desempenham papel essencial na promoção do crescimento de plantas em geral.

No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou o número total de folhas até a dose estimada de  $161 \text{ mg dm}^{-3}$  de N na presença da bactéria, mas na ausência do *Azospirillum* o número total de folhas reduziu até a dose estimada de  $130 \text{ mg dm}^{-3}$  de N (Figura 17E).

**Figura 16 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número de hastes por planta aos 40 DAE no solo estéril (A), comprimento médio das hastes aos 60 DAE no solo natural (B), número de folhas da haste principal aos 40 DAE no solo natural (C), número de folhas da haste principal na colheita no solo natural (D) da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**

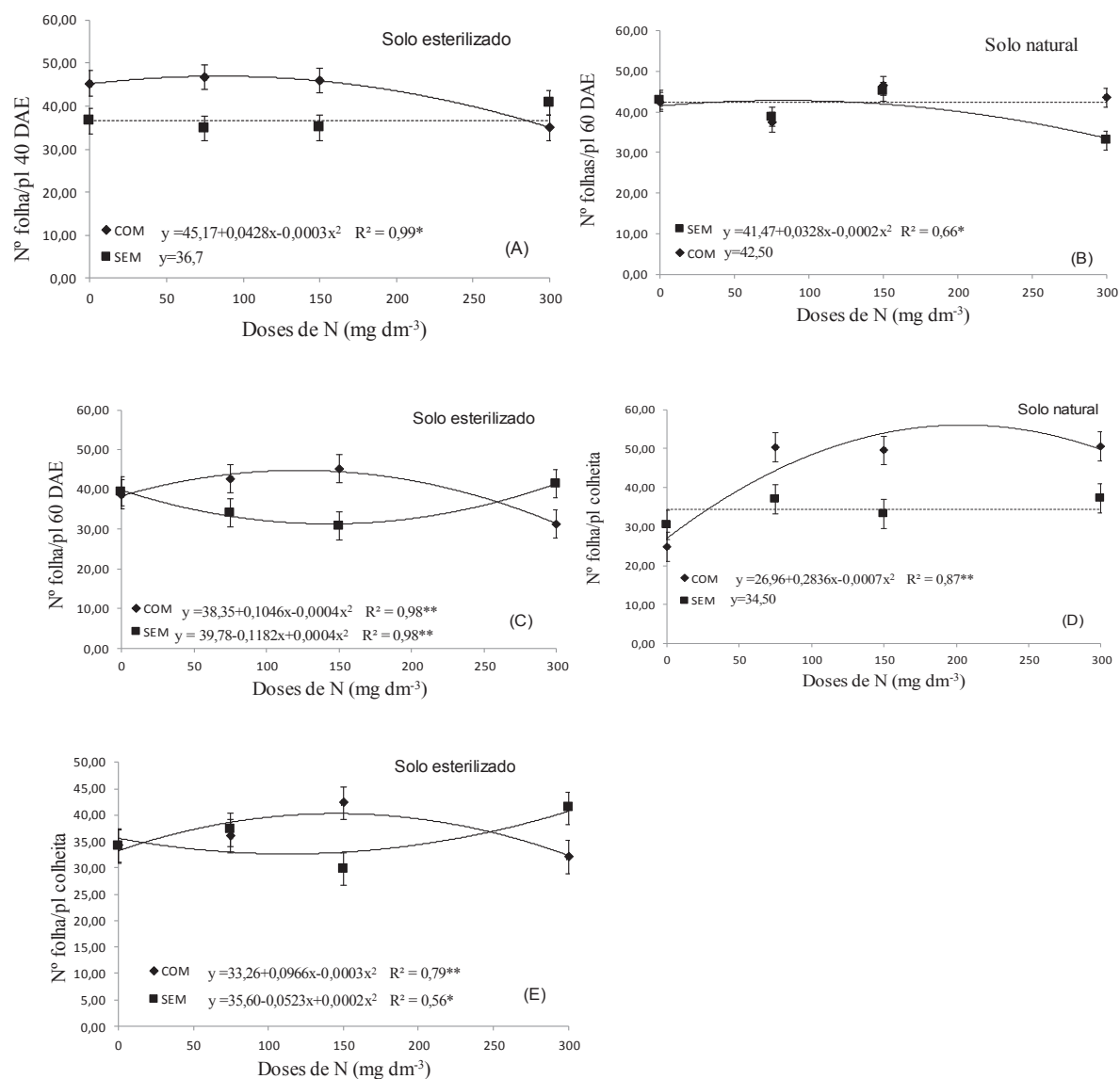


**Tabela 27- Número total de folhas por planta aos 40, 60 DAE e na colheita da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	40 DAE	40 DAE	60 DAE	60 DAE	colheita	Colheita
Doses de N (D)						
0	40,75	40,87	42,75	39,12	27,62	34,12
75	48,75	40,75	38,12	38,37	43,62	36,62
150	40,62	40,50	45,75	38,00	41,87	36,00
300	39,62	37,87	38,25	36,37	43,87	36,62
Efeito	ns	ns	ns	ns	(1)	ns
Inoculação (I)						
Com	44,18 a	43,25 a	42,50 a	39,50 a	43,75 a	36,12 a
Sem	40,68 b	36,75 b	39,93 b	36,43 a	34,50 b	35,56 a
Interação Dxl	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	10,30	9,96	7,81	12,78	13,02	11,91

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=29,30+0,15910^{**}x-0,000375^{**}x^2$   $R^2=0,80$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

Figura 17 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número total de folhas por planta aos 40 DAE no solo esterilizado (A), número de folhas por planta aos 60 DAE no solo natural (B), número de folhas por planta aos 60 DAE no solo esterilizado (C), número de folhas na colheita no solo natural (D), número de folhas por planta na colheita no solo esterilizado (E) da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )



#### 4.2.4 Número de tubérculos e produtividade

O número de tubérculos por planta em ambos os solos foi afetado pela interação Dxl (Tabela 28). No solo natural o número de tubérculos com a adubação nitrogenada na presença do *A. brasilense* aumentou até a dose estimada de 192 mg dm<sup>-3</sup> de N, sendo maior do que na ausência da bactéria que aumentou até a dose

estimada de 189 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 18A). Mallmann (2001) observou uma elevação no número de tubérculos com aumento da dose de N.

No solo estéril na ausência e na presença da bactéria a adubação nitrogenada aumentou o número de tubérculos até as doses estimadas de 182 e 98 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente, sendo que quando se teve a inoculação do *A. brasilense* a quantidade de tubérculo foi maior (Figura 18B).

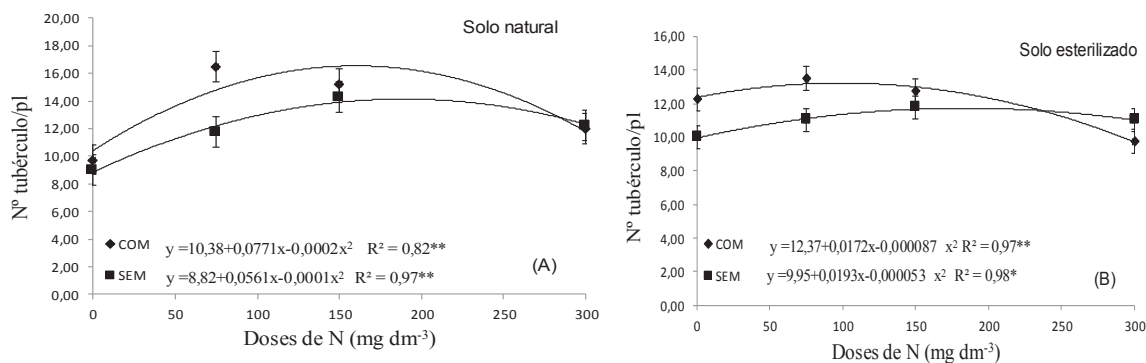
A produtividade em ambos os solos foi afetada somente pelo fator dose de N (Tabela 28). No solo natural e no solo estéril a adubação nitrogenada aumentou a produtividade da batateira até a dose estimada de 177 e 169 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente (Tabela 28). Na condição de solo natural com a presença da bactéria a produtividade de tubérculos foi superior ao solo estéril.

**Tabela 28 - Número de tubérculos por planta e produção da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural		Solo Estéril	
	Nº tubérculo	Nº tubérculo	Produção	Produção
(g pl <sup>-1</sup> )				
Doses de N (D)				
0	9,37	11,12	669,75	754,72
75	14,12	12,25	1056,25	921,87
150	14,75	12,25	1197,62	961,62
300	12,12	10,37	965,75	848,87
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)
Inoculação (I)				
Com	13,37 a	12,06 a	997,50 a	881,17 a
Sem	11,81 b	10,93 b	947,18 a	862,37 a
Interação Dxl	*	*	ns	ns
CV (%)	11,96	8,22	12,43	10,17

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=9,60+0,66621**x-0,000195**x^2$   $R^2=0,96$  <sup>(2)</sup>  $y=11,16+0,018227**x-0,000070**x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(3)</sup>  $y=675,77+6,158697**x-0,017329**x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(4)</sup>  $y=759,90+2,536959**x-0,007487**x^2$   $R^2=0,98$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 18 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o número de tubérculos por planta no solo natural (A), número de tubérculos por planta no solo estéril (B) da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.2.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, raízes absorventes, tubérculos e na planta inteira

O acúmulo de MS nas folhas em ambos os solos foi afetado pelo fator dose (Tabela 29). A adubação nitrogenada aumentou a MS das folhas até a dose estimada de 202 e 124 mg dm<sup>-3</sup> de N no solo natural e no solo estéril, respectivamente. Esses resultados indicam que a adubação nitrogenada aumentou o desenvolvimento da parte aérea da batata em relação ao controle promovendo o acúmulo de matéria seca das folhas.

Para o acúmulo de MS nas hastes em ambos os solos houve influência apenas do fator dose de N sobre esta variável (Tabela 29). A adubação nitrogenada reduziu a MS das hastes até a dose estimada de 181 e 233 mg dm<sup>-3</sup> de N no solo natural e no solo estéril, respectivamente.

O acúmulo de MS nas raízes absorventes no solo natural foi afetado somente pelo fator dose e no solo estéril houve efeito da interação Dxl (Tabela 29). No solo natural a adubação nitrogenada reduziu a MS das raízes absorventes até a dose estimada de 195 mg dm<sup>-3</sup> de N. No solo estéril a MS da raiz absorvente teve redução até a dose estimada de 173 mg dm<sup>-3</sup> de N na presença da bactéria enquanto na ausência de inoculação, a adubação nitrogenada também reduziu a MS da raiz absorvente até a dose estimada de 106 mg dm<sup>-3</sup> de N, sendo que quando não se

teve a inoculação do *A. brasilense* o acúmulo de MS na raiz absorvente foi maior (Figura 19A).

O acúmulo de MS nos tubérculos de ambos os solos foi afetado pelo fator dose e interação Dxl (Tabela 29). O acúmulo de MS nos tubérculos na condição de solo natural teve aumento até a dose estimada de 173 e 193 mg dm<sup>-3</sup> de N, na presença e na ausência da bactéria, respectivamente (Figura 19B). No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou o acúmulo de MS dos tubérculos até a dose estimada de 134 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas na ausência da bactéria não se obteve resposta à adubação nitrogenada. No entanto, quando se teve a presença da bactéria diazotrófica a MS do tubérculo aumentou (Figura 19C). Reis Júnior et al. (2008) observaram incremento da MS de plantas de milho quando inoculadas com *Azospirillum* spp., e consideraram que o maior rendimento de MS e acúmulo de nutrientes por planta inoculadas foram devidos a produção de várias substâncias promotoras de crescimento pelas bactérias.

O acúmulo de MS na planta inteira do solo natural foi afetado somente pelo fator dose e pela interação de Dxl no solo estéril (Tabela 29). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de MS na planta inteira até a dose estimada de 185 mg dm<sup>-3</sup> de N. Para o acúmulo de MS na planta inteira do solo estéril a adubação nitrogenada com a presença da bactéria aumentou até a dose estimada de 50 mg dm<sup>-3</sup> de N, e após esta dose se teve redução na quantidade de MS acumulada. Com a ausência da inoculação do *A. brasilense* não houve resposta da batateira a aplicação de N mineral em termos de acúmulo de MS nas plantas (Figura 19D).

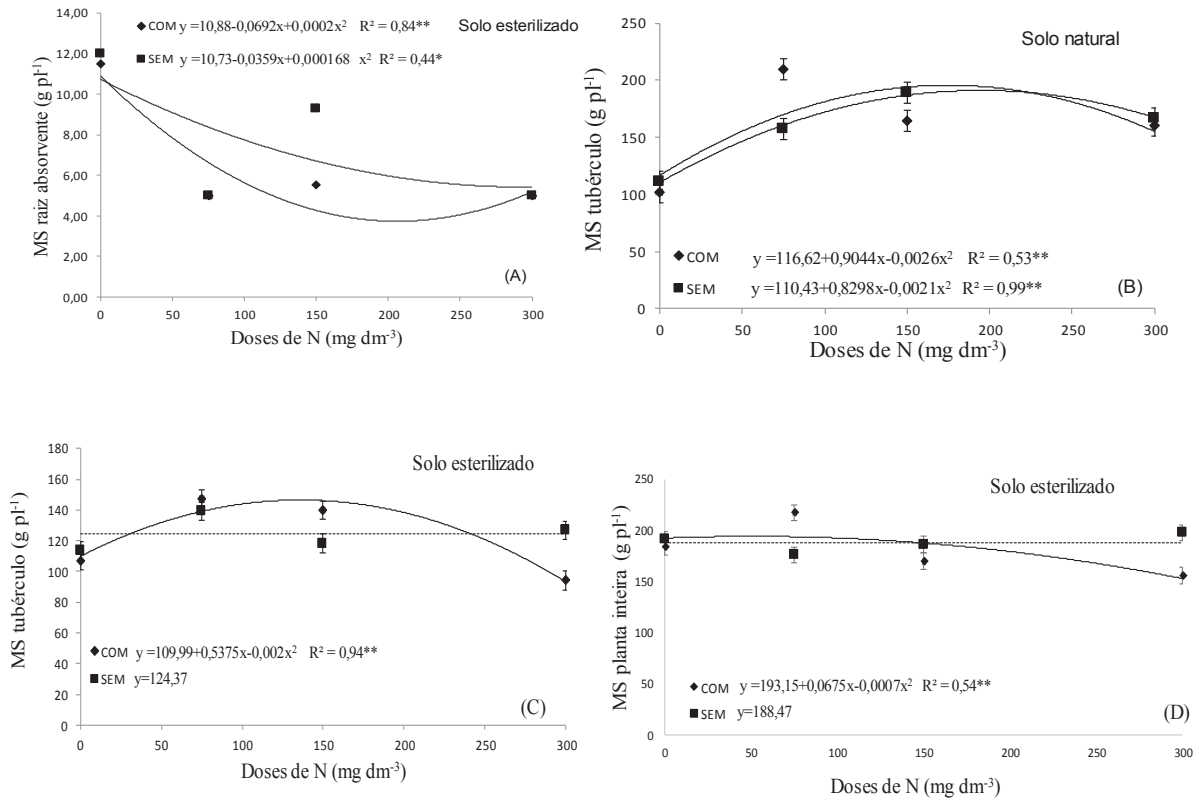


**Tabela 29 - Acúmulo de MS nas folhas, hastes, raízes absorventes, tubérculos e na planta inteira da cultura batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	Folhas	Folhas	Haste	Haste	Raiz Abs	Raiz Abs	Tubérculo	Tubérculo	Planta inteira	Planta inteira
(g/pl)										
Doses de N (D)										
0	33,87	39,75	25,87	27,37	11,50	11,75	106,68	110,15	117,89	188,19
75	42,75	44,62	20,37	19,62	5,00	5,00	183,52	143,18	250,34	197,48
150	45,50	44,00	20,62	19,75	4,25	7,37	176,77	129,15	247,11	178,68
300	44,12	35,37	21,87	17,62	5,12	5,00	163,39	110,52	234,57	177,40
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Inoculação (I)										
Com	42,50 a	41,12 a	22,93 a	20,93 a	6,62 a	6,75 b	158,86 a	122,13 a	229,80 a	182,38 a
Sem	40,62 a	40,75 a	22,43 a	21,25 a	6,31 a	7,81 a	156,32 a	124,37 a	225,15 a	188,49 a
Interação Dxl	ns	Ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	*
CV (%)	11,42	5,48	10,34	12,77	13,02	14,34	7,94	6,69	16,71	5,78

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=34,18+0,126409^{**}x-0,000312^{**}x^2$   $R^2=0,98$  <sup>(2)</sup>  $y=39,99+0,075674^{**}x-0,000305^{**}x^2$   $R^2=0,98$  <sup>(3)</sup>  $y=25,42-0,064667^{**}x+0,000178^{**}x^2$   $R^2=0,87$  <sup>(4)</sup>  $y=26,66-0,081773^{**}x+0,000175^{**}x^2$   $R^2=0,88$  <sup>(5)</sup>  $y=11,09-0,082629^{**}x+0,000211^{**}x^2$   $R^2=0,94$  <sup>(6)</sup>  $y=10,80-0,052561^{**}x+0,000114^{**}x^2$   $R^2=0,64$  <sup>(7)</sup>  $y=113,51+0,867084^{**}x-0,002362^{**}x^2$   $R^2=0,84$  <sup>(8)</sup>  $y=114,26+0,325094^{**}x-0,001140^{**}x^2$   $R^2=0,73$  <sup>(9)</sup>  $y=183,91+0,841197^{**}x-0,002263^{**}x^2$   $R^2=0,87$  <sup>(10)</sup>  $y=2,93+0,01709132^{**}x$   $R^2=0,49$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 19 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para MS de raízes absorventes no solo estéril (A), MS de tubérculos no solo natural (B), MS de tubérculos no solo estéril (C), MS da planta inteira no solo estéril (D), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.2.6 Partição de MS para as folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos.

A partição de MS para as folhas no solo natural foi afetada pela interação Dxl e no solo estéril não se teve influência significativa de nenhum fator estudado sobre esta variável (Tabela 30). A partição de MS para as folhas no solo natural com a adubação nitrogenada na presença da bactéria teve redução até a dose estimada de  $108 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, e após esta dose a partição de MS aumentou (Figura 20A). Porém, na ausência do *A. brasilense* não se teve influência da adubação nitrogenada sobre a partição de MS para as folhas.

A partição de MS para as hastes em ambos os solos foi afetada apenas pelo fator dose (Tabela 30). A adubação nitrogenada aumentou a partição de MS para as

hastes até a dose estimada de 182 e 180 mg dm<sup>-3</sup> de N, mostrando que o nitrogênio está ligado com o crescimento vegetativo da planta.

Quanto a partição de MS para as raízes absorventes no solo natural foi observada influência somente do fator dose e no solo estéril da interação Dxl (Tabela 30). No solo natural a adubação nitrogenada reduziu linearmente a partição de MS para as raízes absorventes. No solo estéril a adubação nitrogenada reduziu a partição de MS para as raízes absorventes independentes da inoculação do *A. brasilense* (Figura 20B).

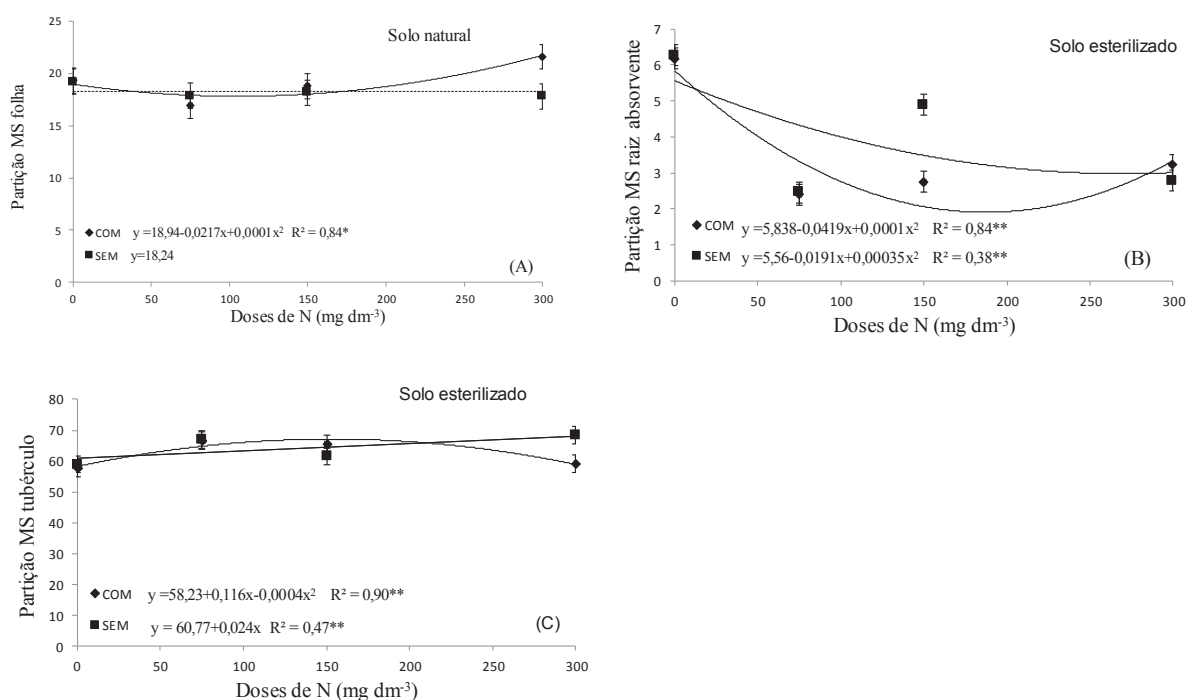
A partição de MS para os tubérculos no solo natural foi afetada pelo fator dose e no solo estéril pela interação Dxl (Tabela 30). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou a partição de MS para os tubérculos até a dose estimada de 178 mg dm<sup>-3</sup> de N. A partição de MS para os tubérculos no solo esterilizado na presença da bactéria aumentou até a dose estimada de 145 mg dm<sup>-3</sup> de N e quando não se teve a inoculação a partição de MS para os tubérculos aumentou linearmente com as doses de N (Figura 20C). Este incremento na partição de MS em resposta a inoculação pode ser associado a produção de fito hormônios pelas bactérias, tais como, giberilinas, citocininas e auxinas que estimulam a formação de pêlos radiculares e raízes secundárias, resultando em maior superfície de absorção de água e nutrientes (RADWAN et al., 2004).

**Tabela 30 - Partição de MS para as folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	Folhas	Folhas	Haste	Haste	Raiz Abs	Raiz Abs	Tubérculo	Tubérculo
Doses de N (D)								
0	19,25	21,02	14,64	14,51	6,51	6,22	59,65	58,22
75	17,38	21,24	8,29	9,48	2,02	2,43	72,33	66,82
150	18,45	22,35	8,41	10,24	1,74	3,82	71,33	63,61
300	19,69	21,96	9,88	11,09	2,28	3,00	68,11	63,75
Efeito	(1)	ns	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Inoculação (I)								
Com	19,14 a	22,38 a	10,56 a	11,59 a	3,26 a	3,64 b	67,01 a	62,27 a
Sem	18,24 a	20,91 a	10,05 a	11,08 a	3,02 a	4,10 a	68,70 a	63,93 a
Interação Dxl	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
CV (%)	8,69	13,60	13,52	18,71	18,42	10,43	7,05	5,97

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5%. <sup>(1)</sup>  $y=18,99-0,016921+0,000065^{**}x^2$   $R^2=0,72$  <sup>(2)</sup>  $y=14,15-0,076035^{**}+0,000208^{**}x^2$   $R^2=0,88$  <sup>(3)</sup>  $y=14,02-0,054241^{**}+0,000150^{**}x^2$   $R^2=0,79$  <sup>(4)</sup>  $y=6,20-0,055154^{**}+0,00001027^{**}x^2$   $R^2=0,92$  <sup>(5)</sup>  $y=5,70-0,030506^{**}+0,000074^{**}x^2$   $R^2=0,60$  <sup>(6)</sup>  $y=60,74-0,146852^{**}+0,000412^{**}x^2$   $R^2=0,85$  <sup>(7)</sup>  $y=59,37+0,073735^{**}-0,000201^{**}x^2$   $R^2=0,58$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 20 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para a partição de MS das folhas no solo natural (A), partição de MS das raízes absorventes no solo estéril (B), partição de MS nos tubérculos no solo estéril (C) da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.2.7 Determinação dos teores de carboidratos e açúcares redutores nas folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos

Os açúcares redutores (glicose e frutose) são um dos principais fatores condicionantes da qualidade dos tubérculos para processamento, pois eles reagem com aminoácidos e proteínas durante a fritura da batata, em uma reação chamada de Maillard e provocam o escurecimento do produto e a não aceitação pelo consumidor (LOISELLER TAI e CHRISTIE, 1990).

O teor de açúcar redutor (AR) nas folhas em ambos os solos foi afetado pela interação Dxl (Tabela 31). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o teor de AR nas folhas até a dose estimada de 117 e 176  $\text{mg dm}^{-3}$  de N na presença e na ausência da bactéria, respectivamente (Figura 21A). No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria reduziu o teor de AR nas folhas até a dose estimada de 243  $\text{mg dm}^{-3}$  de N, mas na ausência da bactéria a adubação

nitrogenada aumentou o teor de AR até a dose estimada de 36 mg dm<sup>-3</sup> de N, e após esta dose houve redução desta variável (Figura 21B).

O teor de amido nas folhas em ambos os solos foi afetado pela interação Dxl (Tabela 31). O teor de amido nas folhas do solo natural na presença da bactéria não teve influência da adubação nitrogenada, mas quando não se teve a inoculação a adubação nitrogenada reduziu linearmente o teor de amido nas folhas (Figura 21C). No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria reduziu o teor de amido nas folhas até a dose estimada de 198 mg dm<sup>-3</sup> de N e na ausência da bactéria não se teve influência da adubação nitrogenada sobre esta variável (Figura 21D).

O teor de AR nas hastes das plantas do solo natural e do solo estéril foi afetado pela interação Dxl (Tabela 31). A adubação nitrogenada independente da inoculação aumentou linearmente o teor de AR nas hastes, na condição de solo natural, sendo maior na ausência da bactéria (Figura 21E). No solo estéril a adubação aumentou o teor de AR nas hastes até a dose estimada de 107 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas nas maiores doses houve o decréscimo dessa variável, enquanto que na ausência da bactéria houve um aumento linear (Figura 21F).

O teor de amido nas hastes no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril o teor de amido foi afetado pelos fatores isolados (Tabela 31). O teor de amido nas hastes aumentou com a adubação nitrogenada na presença do *A. brasilense*, mas na ausência da bactéria não houve influência da aplicação de N sobre este parâmetro (Figura 22A).

O teor de AR nas raízes absorventes em ambos os solos foi afetado pela interação Dxl (Tabela 32). O teor de AR nas raízes absorventes com a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou até a dose estimada de 201 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas na ausência do *A. brasilense* não se teve resposta a aplicação de N na condição de solo natural (Figura 22B). No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria reduziu o teor de AR nas raízes absorventes, já quando não se teve a inoculação verificou-se que a adubação nitrogenada aumentou o teor de AR neste órgão da planta até a dose estimada de 223 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 22C).

O teor de amido nas raízes absorventes no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril somente pelo fator dose de N (Tabela 32). No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor de amido.

O teor de amido nas raízes absorventes na condição de solo natural aumentou com a adubação nitrogenada na presença do *A. brasilense* até a dose estimada de 162 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas quando não se teve a bactéria houve uma redução linear no teor de amido das raízes (Figura 22D).

O teor de AR nos tubérculos no solo natural não foi afetado por nenhum fator estudado, mas no solo estéril foi afetado pela interação Dxl (Tabela 32). O teor de AR nos tubérculos na condição de solo estéril foi reduzido com adubação nitrogenada na presença da bactéria até a dose estimada de 147 mg dm<sup>-3</sup> de N e na ausência do *A. brasilense* a adubação nitrogenada aumentou o teor de AR nos tubérculos até a dose estimada de 111 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 22E). Na presença da bactéria se teve uma maior nutrição da planta com o N, conseqüentemente, quanto maior a dose de N menor será a quantidade de AR nos tubérculos, pois quando não se teve a bactéria o teor de AR foi maior nos tubérculos.

O teor de amido nos tubérculos em ambos os solos foi afetado pelo fator dose (Tabela 32). A adubação nitrogenada aumentou o teor de amido nos tubérculos até as doses estimadas de 122 e 162 mg dm<sup>-3</sup> de N no solo natural e estéril, respectivamente. Estes resultados podem mostrar que a adubação nitrogenada está ligada com a quantidade de amido presente nos tubérculos, pois ela auxilia na produção e na translocação de fotoassimilados, mas se aplicada em doses excessivas, causa a redução nos teores de amido (SHAN et al., 2004).

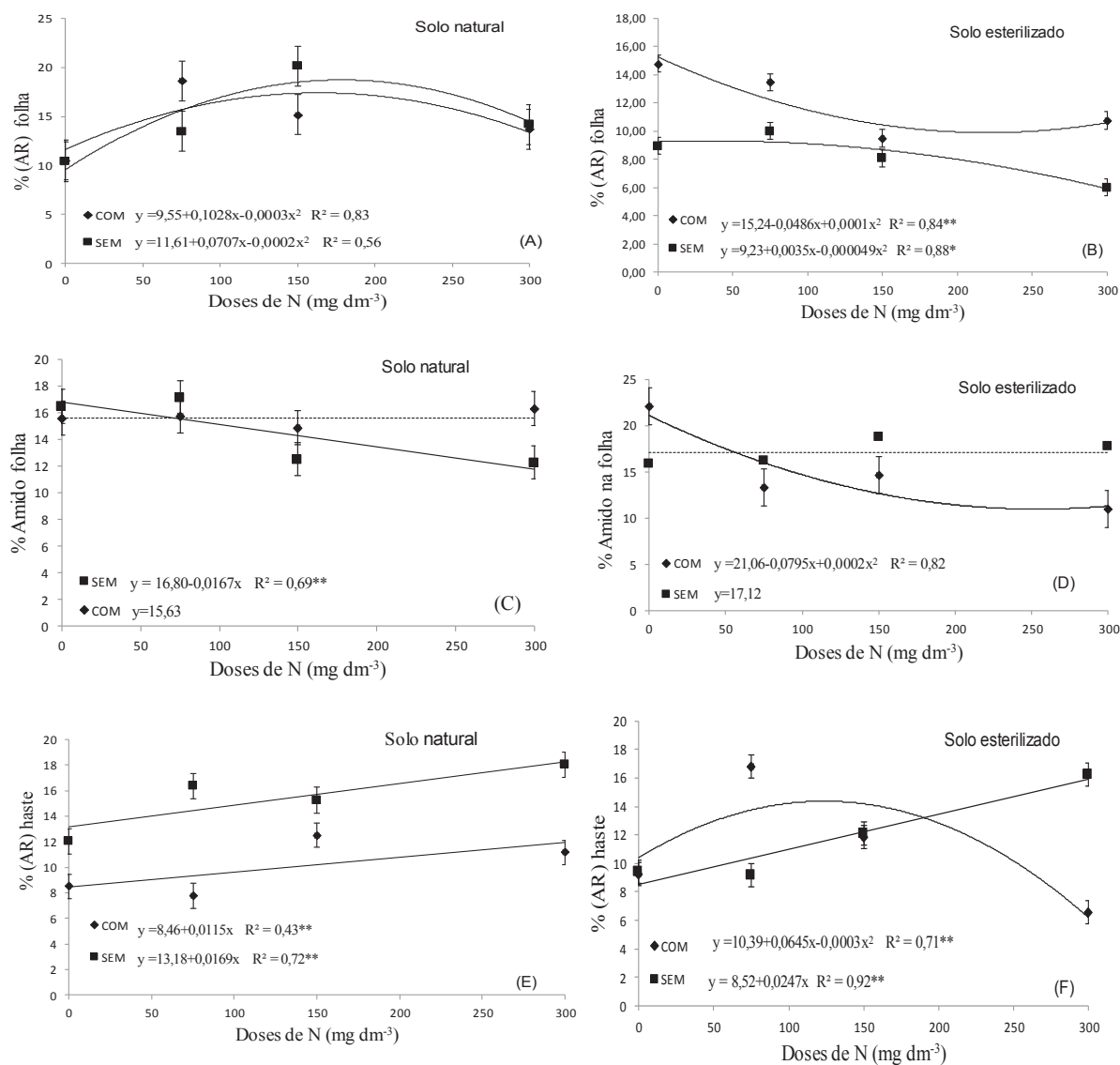
**Tabela 31 - Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas folhas e hastes da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	% (AR) Folha	% (AR) Folha	%Amido Folha	%Amido Folha	% (AR) Haste	% (AR) Haste	%Amido haste	%Amido haste
Doses de N (D)								
0	10,45	11,86	16,05	18,96	10,25	9,34	30,59	52,67
75	16,03	11,73	16,46	14,75	12,04	13,02	56,69	49,11
150	17,64	8,79	13,68	16,68	13,88	12,00	55,05	47,67
300	13,94	8,37	14,31	14,35	14,58	11,43	60,69	38,51
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Inoculação (I)								
Com	14,50 a	12,12 a	15,64 a	15,25 a	9,97 b	11,14 a	42,05 a	65,41 a
Sem	14,53 a	8,26 b	14,61 a	17,12 a	15,40 a	11,76 a	59,46 a	28,57 b
Interação Dxl	*	*	*	*	*	*	*	ns
CV (%)	19,02	8,19	11,51	16,95	10,48	9,70	13,11	13,57

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade <sup>(1)</sup>  $y=10,58+0,086703^{**}x-0,000252^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(2)</sup>  $y=12,24-0,022573^{**}x+0,000031^{**}x^2$   $R^2=0,83$  <sup>(3)</sup>  $y=16,09-0,007337^{**}x$   $R^2=0,49$  <sup>(4)</sup>  $y=17,74-0,011882^{**}x$   $R^2=0,51$  <sup>(5)</sup>  $y=10,16+0,032449^{**}x-0,000059^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(6)</sup>  $y=9,77+0,035996^{**}x-0,000103^{**}x^2$   $R^2=0,69$  <sup>(7)</sup>  $y=33,10+0,270459^{**}x-0,000604^{**}x^2$   $R^2=0,86$  <sup>(8)</sup>  $y=53,08-0,046378^{**}x$   $R^2=0,97$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.



**Figura 21 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de AR nas folhas nos solos natural (A) e estéril (B), teor de amido nas folhas nos solos natural (C) e estéril (D), teor de AR nas hastes nos solos natural (E) e estéril (F), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**

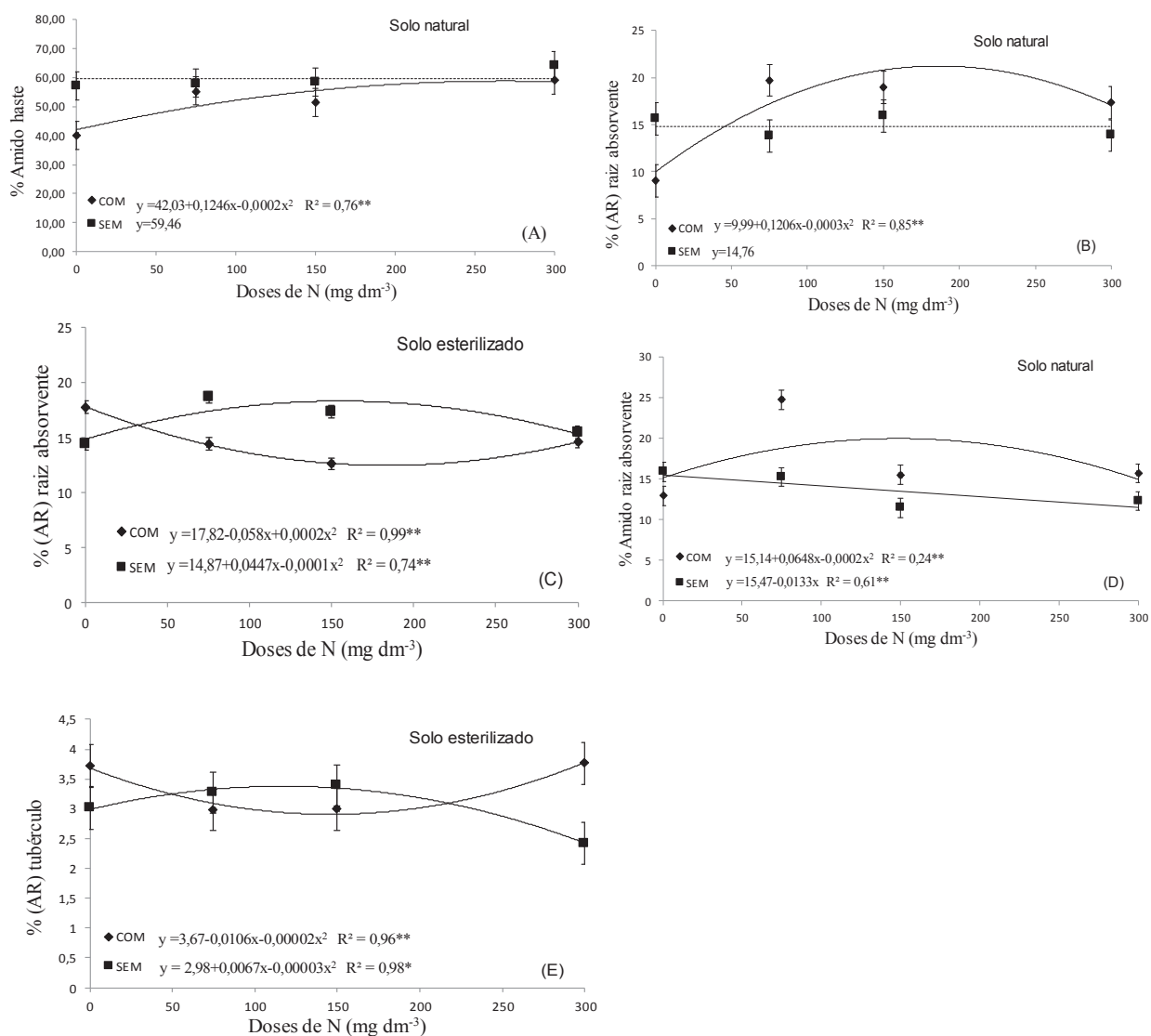


**Tabela 32– Teores de açúcar redutor (AR) e amido nas raízes absorvente e tubérculos da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	% (AR) Raíz abs	% (AR) Raíz abs	%Amido Raíz abs	%Amido Raíz abs	% (AR) Tubérculo	% (AR) Tubérculo	%Amido Tubérculo	%Amido Tubérculo
Doses de N (D)								
0	12,33	16,09	14,41	17,56	3,53	3,36	45,74	40,77
75	16,73	16,58	19,98	17,47	3,21	3,12	51,87	49,53
150	17,40	14,99	13,47	17,27	3,53	3,19	47,17	45,14
300	15,59	15,06	13,98	21,79	3,61	3,09	44,31	44,29
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	ns	ns	(5)	(6)
Inoculação (I)								
Com	16,26 a	14,87 b	17,20 a	17,52 a	3,39 a	3,36 a	47,95 a	45,66 a
Sem	14,76 a	16,49 a	13,72 b	19,53 a	3,55 a	3,02 a	46,60 a	44,21 a
Interação Dxl	*	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)	15,04	4,65	10,38	15,38	14,13	15,06	9,80	11,05

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=12,55+0,06048**x-0,000169***x^2$   $R^2=0,96$  <sup>(2)</sup>  $y=16,27-0,004495**x$   $R^2=0,54$  <sup>(3)</sup>  $y=15,77+0,013095-0,000069*x^2$   $R^2=0,18$  <sup>(4)</sup>  $y=16,62+0,014500**x$   $R^2=0,72$  <sup>(5)</sup>  $y=46,81+0,042775-0,000174*x^2$   $R^2=0,57$  <sup>(6)</sup>  $y=42,06+0,069507*x-0,000212*x^2$   $R^2=0,47$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 22 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e a diferentes formas inoculação de *A. brasilense* para o teor de amido nas hastes no solo natural (A), teor de AR nas raízes absorventes nos solos natural (B) e estéril (C), teor de amido nas raízes absorventes no solo natural (D), teor de AR nos tubérculos no solo estéril (E), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.2.8 Teor de N, acúmulo e exportação de N

O teor de N nas folhas das plantas cultivadas no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril esta variável foi influenciada somente pelo fator dose (Tabela 33). No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou o teor de N nas folhas até a dose estimada de 292 mg dm<sup>-3</sup> de N. O teor de N nas folhas do solo natural na presença da bactéria teve aumento linear com a adubação nitrogenada, já na ausência do *A. brasilense* a adubação nitrogenada reduziu o teor de N nas folhas até a dose estimada de 114 mg dm<sup>-3</sup> de N, e após está dose o teor de N nas folhas aumentou (Figura 23A). Aumento nas concentrações de N na folha têm sido detectados com o aumento da quantidade da adubação nitrogenada (WHITE & SANDERSON, 1983).

O teor de N na haste das plantas do solo natural foi afetado somente pelo fator dose e no solo estéril verificou-se efeito significativo da interação Dxl (Tabela 33). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor de N nas hastes. Para o teor de N nas hastes no solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria diazotrófica teve um aumento linear, já na ausência da bactéria a adubação nitrogenada aumentou o teor de N das hastes até a dose estimada de 273 mg dm<sup>-3</sup> de N (Figura 23B).

O aumento do teor de N disponibilizado às plantas proporciona o crescimento e também o aumento da área foliar. Além de ser constituinte dos aminoácidos livres e proteicos, o N está presente em vários compostos importantes, como as bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas) e os ácidos nucleicos (DNA e RNA), fundamentais à divisão celular e, portanto, à formação e ao crescimento da parte aérea das plantas (MENGEL; KIRKBY, 2001).

O teor de N nas raízes absorventes das plantas do solo natural foi afetado pelo fator dose e no solo estéril pela interação Dxl (Tabela 33). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor de N nas raízes absorventes. Para o teor de N nas raízes absorventes do solo esterilizado, houve aumento com a adubação nitrogenada tanto na presença e como na ausência da bactéria (Figura 23C).

O teor de N nos tubérculos tanto para o solo natural e estéril foi afetado pelo fator dose. A adubação nitrogenada aumentou o teor de N nos tubérculos até a dose

estimada de 233 mg dm<sup>-3</sup> de N no solo natural e no solo estéril se teve uma resposta linear (Tabela 33).

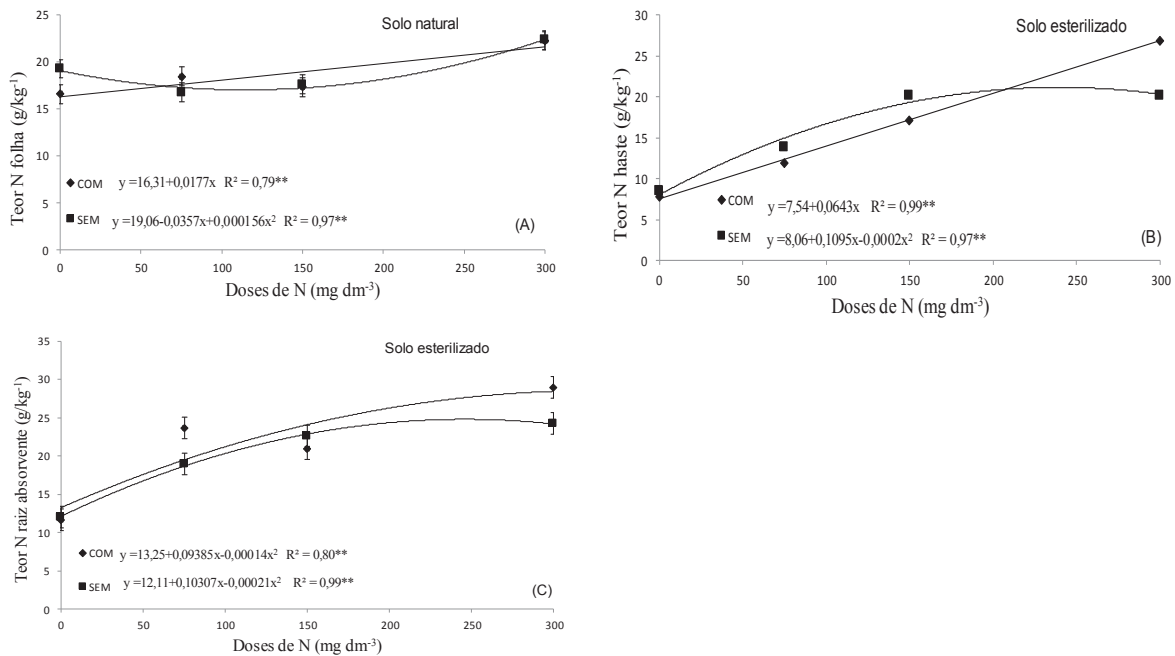
**Tabela 33 - Teor de N nas folhas, hastes, raízes absorventes e tubérculos da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamento	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	Folhas	Folhas	Haste	Haste	Raiz Abs	Raiz Abs	Tubérculo	Tubérculo
	(g kg <sup>-1</sup> )							
Doses de N (D)								
0	17,90	16,84	5,55	8,15	11,90	11,84	13,35	15,87
75	17,59	26,64	5,95	12,94	15,55	21,31	21,46	20,11
150	17,44	30,15	7,84	18,67	20,26	21,79	21,08	20,92
300	22,28	35,52	13,52	23,56	25,56	26,58	23,33	22,51
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Inoculação (I)								
Com	18,63 a	27,24 a	7,99 a	15,98 a	18,14 a	21,31 a	20,47 a	20,05 a
Sem	18,97 a	27,34 a	8,44 a	15,68 a	18,50 a	19,45 b	19,13 a	19,66 a
Interação	*	ns	ns	*	ns	*	ns	ns
Dxl								
CV (%)	7,20	16,08	12,77	16,30	14,38	9,49	10,55	13,49

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

(1)  $y=18,03-0,018450*x+0,000108*x^2$   $R^2=0,98$  (2)  $y=17,31+0,123565*x-0,000211*x^2$   $R^2=0,98$  (3)  $y=4,57*x+0,027743x$   $R^2=0,93$  (4)  $y=7,89+0,084431*x-0,000106*x^2$   $R^2=0,99$  (5)  $y=12,30+0,045848*x$   $R^2=0,98$  (6)  $y=12,68+0,098456*x-0,000177*x^2$   $R^2=0,92$  (7)  $y=14,12+0,083621*x-0,000179*x^2$   $R^2=0,87$  (8)  $y=17,25+0,019852*x$   $R^2=0,80$ . ns é não significativo. \* e \*\*são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 23 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o teor de N nas folhas no solo natural (A), teor de N nas hastes no solo estéril (B), teor de N nas raízes absorventes no solo estéril (C), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



O acúmulo de N nas folhas das plantas crescidas no solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril somente pelas doses de N (Tabela 34). No solo estéril a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de N nas folhas até a dose estimada de 210 mg dm<sup>-3</sup> de N. O acúmulo de N nas folhas do solo natural aumentou linearmente com a adubação nitrogenada, na ausência e na presença do *A. brasilense* (Figura 24A).

Para o acúmulo de N nas hastes em ambos os solos houve a interação Dxl (Tabela 34). O acúmulo de N nas hastes para a condição de solo natural verificou-se que a adubação nitrogenada reduziu o teor de N até as doses estimadas de 69 e 50 mg dm<sup>-3</sup> de N na presença e na ausência da bactéria, respectivamente; mas após estas doses o acúmulo de N foi maior, mostrando que nas menores doses de N o acúmulo de N nas hastes é reduzido (Figura 24B). O acúmulo de N nas hastes das plantas do solo estéril aumentou com a adubação nitrogenada tanto na presença da bactéria e como na ausência (Figura 24C).

O acúmulo de N nas raízes absorventes no solo natural foi afetado somente pelo fator dose, mas no solo estéril verificou-se efeito da interação Dxl (Tabela 34). No solo natural a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de N nas raízes absorventes até a dose estimada de 149 mg dm<sup>-3</sup> de N. O acúmulo de N nas raízes absorventes do solo estéril aumentou com a adubação nitrogenada na ausência da bactéria até a dose estimada de 157 mg dm<sup>-3</sup> de N, mas na presença do *A. brasilense* não houve efeito da adubação nitrogenada para esta variável (Figura 24D).

O acúmulo de N nos tubérculos foi afetado pela interação Dxl no solo natural e no solo estéril (Tabela 34). Para o acúmulo de N nos tubérculos do solo natural a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de N na presença e na ausência da bactéria até as doses estimadas de 184 e 224 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente (Figura 24E). No solo estéril a adubação nitrogenada na presença da bactéria aumentou o acúmulo de N nos tubérculos até a dose estimada de 161 mg dm<sup>-3</sup> de N, enquanto que na ausência da bactéria se teve um aumento linear das quantidades de N acumuladas nos tubérculos mediante a adubação nitrogenada (Figura 24F).

Para o acúmulo de N na planta inteira houve efeito significativo da interação Dxl nos dois solos, ou seja, natural e estéril (Tabela 34). O acúmulo de N na planta inteira aumentou com a adubação nitrogenada na condição de solo natural até as doses estimadas de 197 e 251 mg dm<sup>-3</sup> de N na presença e ausência da bactéria, respectivamente (Figura 25A). No solo estéril a adubação nitrogenada também aumentou o acúmulo de N na planta inteira tanto na presença como na ausência do *A. brasilense* até as doses estimadas de 181 e 234 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente (Figura 25B). Sendo que em ambos os solos quando se teve a inoculação da bactéria diazotrófica o acúmulo de N pelas plantas foi maior.

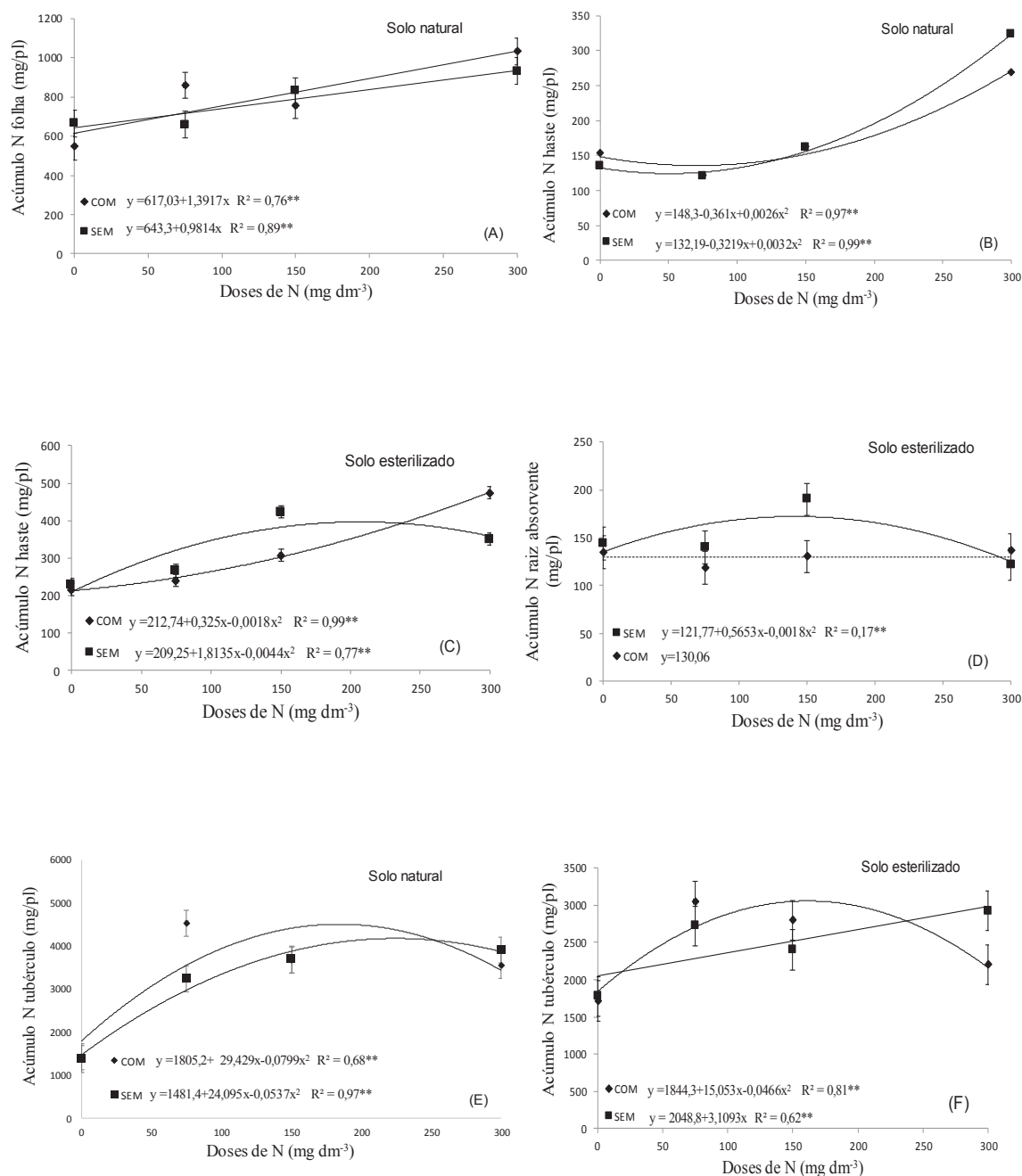
**Tabela 34 - Acúmulo de N nas folhas, hastes, raízes absorventes, tubérculos e na planta inteira da cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

Tratamentos	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril	Solo Natural	Solo Estéril
	Folhas	Folhas	Haste	Haste	Raiz Abs	Raiz Abs	Tubérculo	Tubérculo	Planta inteira	Planta inteira
	(mg/pl)									
Doses de N (D)										
0	606,14	666,00	144,06	222,61	136,51	139,24	1411,66	1746,03	2294,52	2774,50
75	749,81	1183,60	120,67	253,05	78,12	106,56	3892,67	2885,10	4819,39	4428,36
150	795,22	1307,69	161,50	365,96	88,29	170,38	3692,04	2602,13	4735,43	4452,95
300	982,43	1296,26	295,86	413,28	130,88	129,54	3740,04	2565,79	5149,34	4404,88
Efeito	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	ns	(6)	(7)	(8)	(9)
Inoculação (I)										
Com	799,70 a	1131,09 a	176,63 a	309,84 a	110,78 a	130,07 a	3308,87 a	2442,65 a	4387,87 a	4014,32 a
Sem	772,11 a	1095,68 a	184,41 a	317,61 a	106,11 a	142,79 a	3059,33 a	2456,87 a	4111,47 a	4016,02 a
Interação Dxl	*	Ns	*	*	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	11,78	11,91	12,70	7,04	14,39	16,94	13,00	14,93	13,50	3,84

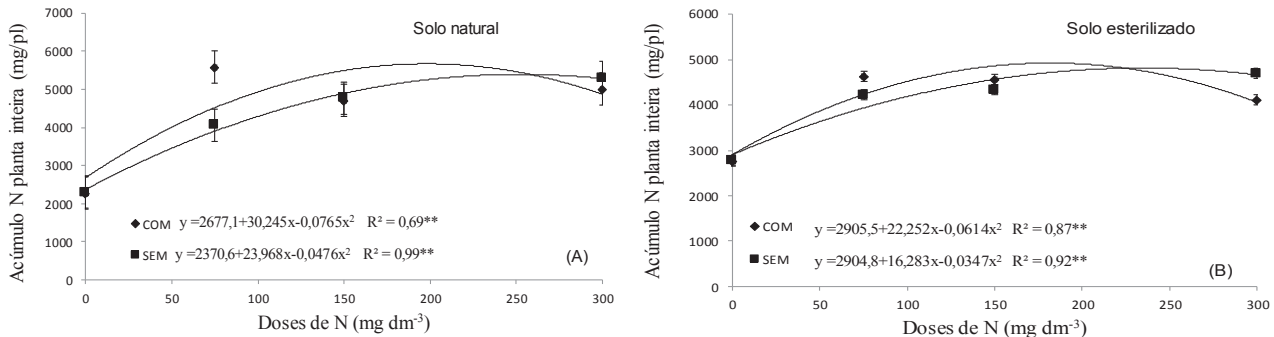
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=630,19+1,186559^{**}x$   $R^2=0,96$  <sup>(2)</sup>  $y=691,12+6,901427^{**}-0,016374^{**}x^2$   $R^2=0,97$  <sup>(3)</sup>  $y=140,24-0,341370^{*}+0,002881^{**}x^2$   $R^2=0,99$  <sup>(4)</sup>  $y=210,99+1,069281^{**}-0,001274^{**}x^2$   $R^2=0,93$  <sup>(5)</sup>  $y=131,51-0,713080^{**}+0,002388^{**}x^2$   $R^2=0,88$  <sup>(6)</sup>  $y=1643,32=26,762124^{**}-0,066768^{**}x^2$   $R^2=0,84$  <sup>(7)</sup>  $y=1876,82+11,007277^{**}-0,029520^{**}x^2$   $R^2=0,71$  <sup>(8)</sup>  $y=2523,84+27,106199^{**}-0,062031^{**}x^2$   $R^2=0,87$  <sup>(9)</sup>  $y=2905,15+19,267461^{**}-0,048045^{**}x^2$   $R^2=0,89$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.



**Figura 24 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para o acúmulo de N nas folhas no solo natural (A), acúmulo de N nas hastes nos solos natural (B) e estéril (C), acúmulo de N nas raízes absorventes no solo estéril (D), acúmulo de N nos tubérculos nos solos natural (E) e estéril (F), na batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



**Figura 25 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de *A. brasilense* para acúmulo de N na planta inteira nos solos natural (A) e estéril (B), da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



#### 4.2.9 Eficiência de uso de N absorvido

A eficiência de uso de N absorvido (EUN), foi afetada pelo fator dose em ambos os solos (Tabela 35). A adubação nitrogenada reduziu a EUN até as doses estimadas de 133 e 142  $\text{mg dm}^{-3}$  de N no solo natural e no solo estéril, respectivamente. No solo natural tanto na ausência como na presença da bactéria a EUN foi maior do que no solo estéril.

**Tabela 35 - Eficiência de uso de N absorvido pela cultura da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	EUN	EUN
	(g $\text{mg}^{-1}$ )	
Doses de N (D)		
0	0,078	0,070
75	0,052	0,047
150	0,053	0,042
300	0,045	0,038
Efeito	(1)	(2)
Inoculação (I)		
Com	0,056 a	0,048 a
Sem	0,058 a	0,050 a
Interação Dxl	ns	ns
CV (%)	10,22	9,48

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade (1)  $y = 0,07 - 0,000266^{**}x + 0,000001^{**}x^2$   $R^2 = 0,87$  (2)  $y = 0,06 - 0,000285^{**}x + 0,000001^{**}x^2$   $R^2 = 0,96$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

#### 4.2.10 Índices de qualidade dos tubérculos

##### a) Porcentagem de MS nos tubérculos

Para a porcentagem de MS nos tubérculos não houve influência significativa de nenhum dos fatores estudados sobre esta variável em ambos os solos (Tabela 36).

**Tabela 36 - Porcentagem de MS nos tubérculos da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril
	% MS	
Tratamentos		
Doses de N (D)		
0	15,86	14,61
75	16,79	15,30
150	16,62	15,78
300	16,90	15,19
Efeito	ns	ns
Inoculação (I)		
Com	16,53 a	14,91 a
Sem	16,55 a	15,54 a
Interação Dxl	ns	ns
CV (%)	9,12	10,49

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

##### b) Teor de proteína nos tubérculos

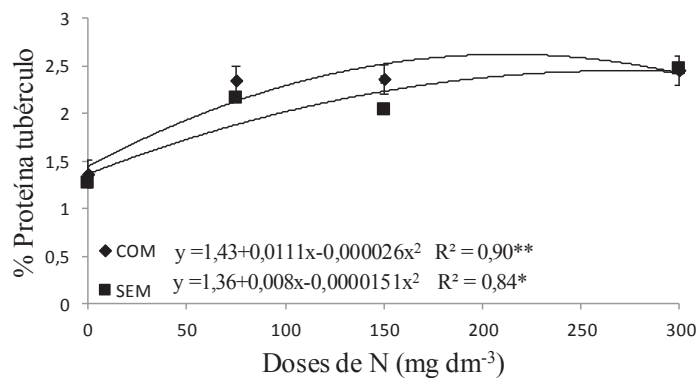
O teor de proteína nos tubérculos do solo natural foi afetado pela interação Dxl e no solo estéril apenas pelo fator dose (Tabela 37). No solo estéril a adubação nitrogenada promoveu aumento do teor de proteína dos tubérculos até a dose estimada de 234 mg dm<sup>-3</sup> de N. A adubação nitrogenada aumentou o teor de proteína nos tubérculos, na condição de solo natural na presença e na ausência da bactéria até as doses estimadas de 213 e 266 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente. Quando se teve a inoculação do *A. brasilense* o teor de proteína do tubérculo foi maior (Figura 28). Esse aumento ocorreu porque o N participa da composição dos aminoácidos e tem relação direta com os teores de aminoácidos e proteínas que se acumulam no conteúdo celular das plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

**Tabela 37 - Teor de proteína nos tubérculos da batata em função de doses de N, com e sem inoculação de *A. brasilense* em solo natural e estéril**

	Solo Natural	Solo Estéril
Tratamentos	Teor de proteína (base fresca)	Teor de proteína (base fresca)
Doses de N (D)		
0	1,31	1,44
75	2,24	1,93
150	2,20	2,03
300	2,46	2,12
Efeito	(1)	(2)
Inoculação (I)		
Com	2,13 a	1,86 a
Sem	1,98 a	1,90 a
Interação Dxl	*	ns
CV (%)	10,14	15,71

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup>  $y=1,40+0,009539^{**}x-0,000020^{**}x^2$   $R^2=0,87$  <sup>(2)</sup>  $y=1,47+0,006100^{**}x-0,000013^{**}x^2$   $R^2=0,96$ . ns é não significativo. \* e \*\* são significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

**Figura 26 - Desdobramento da interação significativa entre adubação nitrogenada e formas de inoculação de para o teor de proteína nos tubérculos no solo natural da batata. SEM= sem *Azospirillum*; COM= *Azospirillum*. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ( $p \leq 0,05$ )**



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### Para a cultura da mandioca:

Tanto no solo natural como no solo estéril a inoculação da bactéria diazotrófica aumentou os teores foliares de N, mas a adubação nitrogenada aumentou os teores foliares de N somente na condição de solo natural.

Em ambos os solos, natural e estéril, a inoculação de *A. brasilense* aumentou a biomassa das plantas, mas somente em solo estéril a biomassa total das plantas aumentou com o suprimento de N mineral.

A inoculação de *A. brasilense* aumentou a absorção de N pelas plantas de mandioca em ambos os solos, demonstrando que essa bactéria realiza fixação simbiótica de N com a planta de mandioca.

Em solo estéril a resposta produtiva da mandioca a aplicação de N mineral foi maior que em solo natural, especialmente quando as plantas foram inoculadas com *A. brasilense*.

### Para a cultura da batata:

Somente em condição de solo natural os teores foliares de N da batateira aumentaram com a adubação nitrogenada e a inoculação de *A. brasilense*.

A absorção de N pelas plantas de batata foi pouco influenciada pela inoculação da bactéria diazotrófica, indicando que não há um processo eficiente de simbiose do *A. brasilense* com a batateira.

A adubação nitrogenada mineral aumentou a biomassa das plantas e a produtividade de tubérculos em ambos os solos, mas a inoculação da bactéria diazotrófica não melhorou o crescimento das plantas ou a produtividade de tubérculos.

## 6. CONCLUSÕES

É recomendado realizar a inoculação da cultura da mandioca com *A. brasilense*, porque a inoculação da bactéria aumenta o crescimento e a produtividade da mandioca. Na cultura da batata não há razão para se realizar a inoculação das plantas com *A. brasilense*, porque a inoculação da bactéria não promove benefícios para essa cultura.

## REFERÊNCIAS

- AHEMAD, M. and KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University Science**. **26**: 1-20, (2014).
- ASHER, C. J. Symptoms of nutritional disorders in cassava. **Journal Science Agriculture**, Queensland, n. 65, p. 311-322, 1975.
- BACILIO, M.; VAZQUEZ, P.; BASHAN, Y. Alleviation of noxious effects of cattle ranch composts on wheat seed germination by inoculation with *Azospirillum* spp. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.261-266, 2003.
- BALAMANI, V.; POOVAIAH, B.W. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. *American Potato Journal*, v.62, p.363-369, 1985.
- BALOTA, E.L. **Interação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Itaguaí: UFRRJ, Tese de Doutorado, p 281, 1994.
- BALOTA, E.L.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Occurrence of diazotrophic bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION WITH NON-LEGUMES, 6., 1994, Ismailia. **Anais....** Ismailia, Egypt: Cairo Univ., 1994. p.53-58.
- BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.627-639, 1997.
- BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.1335-1345, 1995.
- BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1265-1276, 1999.
- BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (eds.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.49-59.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v.43, p.103-121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, p.521-577, 2004.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-planta relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.50, p. 521-577,2004.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: Funep. 2003. 41p.

BEUKEMA, H.P.; ZAAG, D.E. van der. Introduction to potato production. **Wageningen: PUDOC**. 1990. 207p.

BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and Iso-A3 in cultures of *Azospirillum lipoferum*. **Plant Physiology**, v.90, p.45-47, 1989.

BRANDÃO, E. M. Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: Cardoso, E. J. B. N.; Tsai, S. M.; Neves, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 1-15.

BRAUN, H. et al. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 285-293, 2010.

BUENSANTEAI, N.; SOMPONG, M.; THAMNU, K.; ATHINUWAT, D.; BRAUMAN, A.; PLASSARD, C. The plant growth promoting bacterium *Bacillus* sp. CaSUT007 produces phytohormone and extracellular proteins for enhanced growth of cassava. **African Journal of Microbiology Research**, v.7, p.4949-4954, 2013.

BUSATO, C.; FONTES, P. C. R.; BRAUN, H.; CECON, P. R. Variation and Threshold Values for Chlorophyll Meter Readings on Leaves of Potato Cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.33, p.2148-2156, 2010.

CARDOSO JÚNIOR, N.S.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F.M. Efeito do nitrogênio em características agronômicas da mandioca. **Bragantia**, v.64, p.651-659, 2005a.

CARDOSO JÚNIOR, N.S.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; SEDIYAMA, T.; AMARAL, L.F.; PIRES, A.J.V.; RAMOS, P.A.S. Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.603-610, 2005b.

CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; MELO, T. L.; VIANA, A. E. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, p.1729-1736, 2007.



CASSAN, F. et al. *Azospirillum brasiliense* and *Azospirillum lipoferum* hydrolyze conjugates of GA20 and metabolize the resultant aglycones to GA1 in seedlings of Rice dwarf mutants. **Plant Physiology**. Washington. v.125, n.4, p.2053-2058, 2001.

CASSÁN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasiliense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v.45, p.28-35, 2009.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.61-86.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4, p.557-562, 1997.

CHAVES, L. H. G.; PEREIRA, H. H. G. Nutrição e adubação de tubérculos. Campinas: **Cargill**, 1985. 97 p.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L. **Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, p.1175-1183, 2010.

CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasiliense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (eds.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: **Asociación Argentina de Microbiología**, 2008. p.87-95.

CRAWFORD, T.W.; RENDIG, V.V.; BROADBENT, F.E. Sources, fluxes and sinks of nitrogen during early reproductive growth of maize (*Zea mays* L.). **Plant Physiology**, v.70, p.1654-1660, 1982.

CRUZ, J.L.; MOSQUIM, P.R.; DAMATTA, F.M.; PELACANI, C.R.; ARAÚJO, W.L. Influencia da fertilização nitrogenada sobre a produção e a distribuição de matéria seca em plantas de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Botucatu/Jaboticabal: SBCS, 2003. CD-ROM.

CUNHA, F. N. et al. Efeito da *Azospirillum brasiliense* na produtividade de milho no sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014.

DALLA SANTA, O. R.; FERNÁNDEZ, R.; MICHELENA, G.; RONZELLI Jr., P.; SOCCOL, C. R. *Azospirillum* sp. Inoculation in wheat, barley and oats seeds in greenhouse experiments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 843-849, 2004.

DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Nature Biotechnology**, v.6, p.282-286, 1988.

DÍAZ-ZORITA, M.; FERNANDEZ CANIGIA, M.V. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República Argentina. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (eds.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: **Asociación Argentina de Microbiología**, 2008. p.155-166.

DOBBELAERE, S.; CROONRNBOGHES, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.871-879, 2001.

DOBBELAERE, S.; OKON, Y. The plant growth promoting effect and plant response. In: **Elmerich C, Newton WE**. (eds) *Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations*. Springer, Dordrecht, p 145–170, 2007.

DOBBELAERE, S.; OKON, Y. The plant growth-promoting effect and plant responses. In: **ELMERICH, C.; NEWTON, W.E.** (eds.) **“Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations”**. Springer: Dordrecht. 2007. p.145-170.

DÖBEREINER J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Estudos Avançados**, 4:144-152, 1989.

DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 173-180, 1992.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: **NEWTON W.E.; NYMAN, C.T.** (eds.) **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION**, vol. 2. **Proceedings...** Pullman, USA: Washington State University Press, 1976. p.518-538.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; MIYAMOTO, Y. R.; DOMINGUES, M. C. S. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.9, n.17, p.1030-1040, 2013.

EWING, E.E. Potato. In: **WIEN, H.C.** (ed.) *The physiology of vegetable crops*. Wallingford: **Cab International**. 1997. p.295-344.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (Roma, Itália). **FAOSTAT**: Crops.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu/Itapetininga: FEPAF/ABBA, 2012. 121p.

FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M. C. P. da. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: **POTAFOS**, 1993. P. 1993. P. 301-322.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E.A. (Eds.). Mandioca no cerrado: orientações técnicas. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2011. 208p.

FONTES, P. C. R.; NUNES, J. C. S.; MOREIRA, M. A. Produção classificada de batata em resposta ao espaçamento e critério de recomendação da adubação. **Bioscience Journal**, v.28, n.3, p.404-412, 2012.

FRANCHE C.; LINDSTROM K.; ELMERICH C. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. **Plant and Soil**, p. 35–59, 2009.

GARCIA, A. G. et al. Logistic rice model for matter and nutrient uptake. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.481-488, 2003.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índices SPAD para diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, p.611-615, 2002.

GITTI, D. C.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n.15, p. 36-46, 2012.

GLICK BR.; TODOROVIC B.; CZARNY J.; CHENG Z.; DUAN J.; MCCONKEY B. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. **Critical Reviews in Plant Sciences**, p 227-242, 2007.

GOMES, J.C.; SILVA, J. Correção da acidez e adubação. In: SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G. (eds.). Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2006. p.215-247.

GRINDLAY, D. J. C. Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimization of leaf nitrogen per unit leaf area. **Journal of Agricultural Science**, v.128, n.4 p.377-396, 1997.

HÁK, R.; NÁTR, L. Effect of nitrogen starvation and recovery on gas exchange characteristics of young leaves. **Photosynthetica**, v.21, p.9-14, 1987.

HENAGAMAGE, A.P.; SENEVIRATNE,G.; ABAYASEKERA, C.; KODIKARA, K.M.S. **Screening for Crop Response to Diazotrophic Bacteria Isolated from Potato Rhizosphere**. Journal of Science, 2016.

HENAGAMAGE, P. A.; SENEVIRATNE, G.; ABASYASEKERA, C.; KODIKARA.K.M.S. Screening for crop response to diazotrophic bacteria isolated from potato rhizosphere. **Ceylon Journal of Science**, v.4, p.55-63, 2016.

HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, N.; ADRIANO-ANAYA, L.; SALVADOR-FIGUEROA, M.; BETANCUR-ANCONA, D.; VÁZQUEZ-OVANDO, A. Impact of organic fertilization on physicochemical and functional properties of cassava starch. **Starch**, v.68, p.549-557, 2016.

HORWITZ, W.; LATIMER JUNIOR, G.W. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18<sup>th</sup> ed. Gaythersburg: AOAC International, 2005.

HOWELER, R. H. Nutricion mineral e fertilizacion de la yuca. In: **CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL**. Yuca: investigacion, producion y utilizacion. Cali, 1982. 317-357.

HOWELER, R.H. DOMINGUES, C.E. Nutrición mineral y fertilización de la yuca.. Yuca: Investigación, Producción y Utilización. Anais... Cali: **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, p.317-358. 1981.

HRIDYA, A.C.; BYJU, G.; MISRA R.S. Effect of biocontrol agents and biofertilizers on root rot, yield, harvest index and nutrient uptake of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.59, p.1215-1227, 2013b.

HRIDYA, A.C.; BYJU, G.; MISRA R.S. Effects of microbial inoculations on soil chemical, biochemical and microbial biomass carbon of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) growing Vertisols. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.60, p.239-249, 2013a.

HRIDYA, A.C.; BYJU, G.; MISRA R.S. Effects of microbial inoculations on soil chemical, biochemical and microbial biomass carbon of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) growing Vertisols. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.60, p.239-249, 2013.

HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum sp.*: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología: Argentina, 2008. p.17-35.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja. 36p. 2011. (Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Documentos, 283).

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas no ano civil**. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201401.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201401.pdf). Acesso em 20 de set. 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas no ano civil**. **IBGE**, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, **IBGE**, 2016. 72 p.

KAPPES, C. et al. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

KLOEPPER, J.W. (1997). **Current status and future trends in Biocontrol Research and Development in the US**. International symposium on clean agriculture, Sapporo, DECD, 49-52.

KLOEPPER, J.W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R.M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**. v.7, p.39-43, 1989.

LAMBRECHT, M. et al. Índole 3-acetic acid: a reciprocal signalling molecule in bacterioplant interactions. **Trends in Microbiology**. Canibridge. v.8, n.7, p.298-300, 2000.

LEMAIRE, G.; MILLARD, P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. **Journal of Experimental Botanic**, v.50, n. 330, p.15-28. 1999.

LEMOS, J.M. Resposta de cultivares de trigo à inoculação em sementes com *Azospirillum brasilense*, e a adubação nitrogenada em cobertura. 63p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011.

LEONEL, M.; FELTRAN, J.C.; AGUIAR, E.B.; FERNANDES, A.M.; PERESSIN, V.A.; BICUDO, S.J. Mandioca. In: LEONEL, M.; FERNANDES, A.M.; FRANCO, C.M.L. (eds.). **Culturas Amiláceas: batata-doce, inhame, mandioca e mandioquinha-salsa**. 1ª ed. Botucatu: CERAT/UNESP, 2015, p.183-326.

LÔBO, L.P.; FIGUEIREDO, P.J.P.G.; SOARES, I.; FIGUEIREDO, R.W. Respostas da mandioca a adubação NPK em Neossolos Quartzarênicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. CD-ROM.

LOISELLE, F.; TAI, G. C. C.; CHRISTIE, B. R. Genetic components of chip color evaluated after harvest, cold storage and reconditioning. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n.9, p.633-646, Sept. 1990.



LONG, C.M.; SNAPP, S.S.; DOUCHES, D.S.; CHASE, R.W. Tuber yield, storability and quality of Michigan cultivars in response to nitrogen management and seedpiece spacing. **American Journal of Potato Research**, v.81, p.347-357, 2004.

LONGHINI, V.Z.; SOUZA, W.C.R.; ANDREOTTI, M.; SOARES, N.Á.; COSTA, N.R. Inoculation of diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization in topdressing in irrigated corn. **Revista Caatinga**, v.29, p.338-347, 2016.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1997. p.221-229. (Boletim Técnico, 100).

MAJEROWICZ, N.; PEREIRA, J.M.S.; MEDICI, L.O.; BISON, O.; PEREIRA, M.B. & SANTOS JÚNIOR, U.M. Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. **R. Bras. Bot.**, 25:129-136, 2002.

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafós**, 1997. 308p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. Ed. Piracicaba: **Potafós**, 1997. 319 p.

MALLMANN, N. **Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste paranaense**. 2001. 129 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná, Paraná.

MANTOVANI, E. C.; SOUZA, D. O.; ZAMBOLIM, L.; SEDIYAMA, G. C.; PALARETTI, L. F. Produtividade da batata irrigada por gotejamento no sul do estado de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.1, p.63-68, 2014.

MEIRA, F. A. et al. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura de milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 275- 284, 2009.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. Principles of plant nutrition. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: **Kluwer Academic Publishers**, 2001. 849p.

MORAES, O.; MONDARDO, E.; VIZZOTTO, V.J.; MACHADO, M.O. **Adubação química e calagem da mandioca**. Florianópolis: EMPASC, 1981. 20p. (Boletim técnico, 8).

MOUTIA, J.F.Y.; SAUMTALLY, S.; SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. in sugarcane is influenced by genotype and drought stress. **Plant and Soil**, v.337, p.233-242, 2010.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for determination of glucose. **Journal of Biologic Chemistry**, Bethesda, Md, v. 153, n. 2, p. 375-380, Feb. 1960.

NGUYEN, H.; SCHOENAU, J. J.; NGUYEN, D.; REES, K. V.; BOEHM, M. Effects of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in North Vietnam. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p. 425-442, 2002.

OKON, Y. *Azospirillum* as a potential inoculant for agriculture. **Trends in Biotechnology**, v.3, p.223-228, 1985.

OLIVEIRA, A.M. G. et al. Adubação com manganês para o controle do “Amarelão” da mandioca no extremo Sul da Bahia. **Embrapa**, 2009. Disponível em: Acesso em: 12 maio. 2018.

OLIVEIRA, C. A. S. **Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, p.939-950, 2000.

PAZOS, M.; HERNÁNDEZ, A. Evaluación de cepas nativas del género Azospirillum y su interacción con el cultivo del arroz. **Cultivos Tropicales**, v. 22, n. 4, p. 25-28, 2001.

PEDROSA, F.O. Fixação biológica de nitrogênio: fértil idéia. **Ciência hoje**, v.6, p.12-13, 1987.

PEREG, L.; DE-BASHAN, L.E.; BASHAN, Y. Assessment of affinity and specificity of *Azospirillum* for plants. **Plant and Soil**, v.399, p.389-414, 2016.

PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. O cultivo da batata na região sul do Brasil. Brasília: **Embrapa Informação tecnológica**, 2003. 567p.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.10, p.987-994, 2004.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research, Amsterdam**, v. 60. n. 3, p. 245 - 253, 1999.

RAMOS, A. S.; SANTOS, T. M. C.; SANTANA, T. M.; GUEDES, E. L. F.; MONTALDO, Y. C. Ação do *Azospirillum lipoferum* no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Verde**, v.5, n.4, p.113-117, 2010.

REINHARDT, É.L.; RAMOS, P.L.; MANFIO, G.P.; BARBOSA, H.R.; PAVAN, C.; MOREIRA-FILHO, C.A. Molecular characterization of nitrogen-fixing bacteria isolated from brazilian agricultural plants at São Paulo State. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.39, p.414-422, 2008.

REIS JUNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, v. 32, p. 1139-1146, 2008.

REPKE, R. A. et al. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

RODRIGUES, G.A.M.; HURTADO, M. & PRAGER, M.S. Inoculacion de granadilla *Passiflora ligularis* L. **Acta Agron.**, 45:89-98, 1995.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, v.91, p.552-555, 2004.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SARKAR, D. The signal transduction pathways controlling in plant tuberization in potato: an emerging synthesis. **Plant Cells Report**, v.27, n.1, p.1-8, 2008.

SCHADCHINA, T.M.; DMITRIEVA, V.V Leaf chlorophyll content as possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, p. 1427-1437, 1995.

SENERIRATNE, G., ZAVAHIR, J.S., BANDARA, W.M.M.S. and WEERASEKARA, M.L.M.A.W. (2008). **Fungalbacterial biofilms: their development for novel biotechnological applications**. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 24(6): 739-743

SHAN, L. et al. Influence of nitrogen nutrition on tuber quality of potato with special reference to the pathway of nitrate transport into tubers. **Journal of Plant Nutrition**, v.27, n.2, p.341-350, 2004.

SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; MIRANDA, G. V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, p.17-22, 2009.

SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **Philadelphia**, v.25, p.1495-1503, 1994.

SOUZA, E. F. C. **Fontes e manejo de nitrogênio na cultura da batata em solos arenosos**. 2014. 120 f. Tese (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2014.

SOUZA, L.S.; SILVA, J.; SOUZA, L.D.; GOMES, J.C. Calagem e adubação para mandioca. In: BORGES, A.L.; SOUZA, L.S.; (eds.). **Recomendações de calagem e**



**adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p.127-145.

SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D. Manejo e conservação do solo. In: SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G. (eds.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p.248-290.

SPAEPEN, S.; DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHES, A.; VANDERLEYDEN, J. Effects of *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid production on inoculated wheat plants. **Plant and Soil**, v.312, p.1-23, 2008.

SPOLAOR, L.T.; GONÇALVES, L.S.A.; SANTOS, O.J.A.P.; OLIVEIRA, A.L.M.; SCAPIM, C.A.; BERTAGNA, F.A.B.; KUKI, M.C. Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agronômico de milho pipoca. **Bragantia**, v.75, p.33-40, 2016.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**, v.24, p.487-506, 2000.

STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological research**, v.149, p.55-60, 1994.

SUN, J. Face-ing the global change: Opportunities for improvement in photosynthetic radiation use efficiency and crop yield. *Plant Science*, v. 177, n.6 , p. 511-522, 2009.

SUSLOW, T.V., Kloepper, J.W., Schroth, M.N., Burr, T.J. (1979). **Beneficial bacteria enhance plant growth.** *California Agriculture*. 15-17.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M.P. (coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas.** v.2. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.448-504.

TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016-1024, 1979.

WHITE, R.P. & SANDERSON, J.B. Effect of planting date, nitrogen rate, and plant spacing on potatoes grown for processing in Prince Edward Island. *Am. Potato J.*, 60:115-126, 1983.

YASMIN, F., Othman, R., Sijam, K., Saad, M.S. (2009). **Characterization of beneficial properties of plant growth promoting rhizobacteria isolated from sweet potato rhizosphere.** *African Journal of Microbiology Research*. **3**(11): 815-821.

ZAIED, K.A.; EL-HADY, A.H.; AFIFY, A.H.; NASSEF, M.A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculantes of rhizobacteria. **Pakist. J. Biol. Sci.**, p.344-358, 2003.

ZEBARTH, B. J.; ARSENAULT, W. J.; SANDERSON, J. B. Effect of seedpiece spacing and nitrogen fertilization on tuber yield, yield components and nitrogen use efficiency parameters of two potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, Orono, v.83, p.289-296, 2006.

ZEBARTH, B. J.; ROSEN, C. J. Research perspective on nitrogen BMP development for potato. **American Journal of Potato Research**, v.84, n.1, p.3-18, 2007.

ZIMMER, W.; BOTHE, H. The phytohormonal interactions between *Azospirillum* and wheat. **Plant and Soil**, v.110, p.239-247, 1988.

ZVOMUYA F; ROSEN CJ; RUSSELLE MP; GUPTA SC. 2003. Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea of potato. **Journal of Environmental Quality** 32: 480-489.