

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CAMPUS ITAQUI  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFICIÊNCIA DE *Azospirillum* sp. NO CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DO ARROZ – ESTUDO DE CASO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**José Nilton Soares Aranda**

**Itaqui, RS, Brasil  
2017**

**José Nilton Soares Aranda**

**EFICIÊNCIA DE *Azospirillum* sp. NO CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DO ARROZ – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana Zago Ethur

Itaqui, RS, Brasil  
2017

A662e Aranda, José Nilton Soares  
Eficiência de *Azospirillum* sp. no crescimento e produtividade do arroz -  
Estudo de caso / José Nilton Soares Aranda.  
29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do  
Pampa, AGRONOMIA, 2017.  
"Orientação: Luciana Zago Ethur".

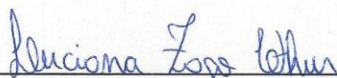
1. *Azospirillum*. 2. arroz. I. Título.

**JOSÉ NILTON SOARES ARANDA**

**EFICIÊNCIA DE *Azospirillum* sp. NO CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DO ARROZ – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Agronomia da Universidade Federal do  
Pampa (UNIPAMPA), como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Engenheiro Agrônomo.**

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 20 de fevereiro de 2017.  
Banca examinadora:



---

Prof.ª. Dr.ª. Luciana Zago Ethur  
Orientadora  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



---

Prof.ª. Dr.ª Adriana Pires Soares Bresolin  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



---

Prof.ª. Dr.ª. Renata Silva Canuto de Pinho  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais, José Nilo (*In memoriam*) e Maria do Carmo, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Zago Ethur pela orientação e pelo apoio para que eu realizasse o trabalho de conclusão de curso (TCC).

Aos professores, minha gratidão pela forma de conduzir o curso em todas as etapas.

A todos os colegas de curso pelo convívio e pelos momentos de amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

# EPÍGRAFE

As grandes ideias surgem da observação  
dos pequenos detalhes.

Augusto Cury

## RESUMO

### EFICIÊNCIA DE *Azospirillum* sp. NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ – ESTUDO DE CASO

Autor: José Nilton Soares Aranda

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana Zago Ethur

Local e data: Itaqui, 20 de fevereiro de 2017.

Bactérias do gênero *Azospirillum* podem ser uma alternativa sustentável para a lavoura de arroz, em função dos possíveis benefícios que elas trazem as plantas, como a fixação biológica de nitrogênio (FBN). O objetivo desse trabalho foi estudar e analisar trabalhos científicos publicados em periódicos e anais sobre a eficiência no uso de inoculantes a base de *Azospirillum* no crescimento e na produtividade do arroz. Para isso, utilizou-se como metodologia de pesquisa, o estudo de caso. Realizou-se pesquisa bibliográfica, sobre a temática abordada, em periódicos científicos, anais de eventos, livros e sites. Desta maneira, o trabalho foi desenvolvido em duas partes, na primeira a pesquisa versou sobre as características, as espécies e a forma de atuação da bactéria do gênero *Azospirillum*. Dentre as poáceas, procurou-se focar no arroz, por ser a planta objeto desse estudo. A segunda parte do trabalho, caracterizou-se pelo levantamento de resultados de trabalhos científicos, ordenados em tabelas, referentes a eficiência no uso de inoculantes a base de *Azospirillum* sp. no crescimento e na produtividade do arroz irrigado. Além da caracterização e formas de ação da bactéria *Azospirillum* sp., foram organizadas duas tabelas, a primeira com 5 trabalhos realizados em vasos e a segunda, com 10 trabalhos desenvolvidos à campo. Nos trabalhos desenvolvidos em vasos a variável analisada em 80% dos trabalhos foi o crescimento de plantas, enquanto que nos trabalhos desenvolvidos à campo foi a produtividade. Analisando-se os resultados encontrados nos experimentos com arroz, pode-se concluir que a utilização da bactéria *Azospirillum* não apresenta influência considerável no crescimento e na produtividade do arroz.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, bactérias promotoras de crescimento vegetal, inoculação, colonização.



## ABSTRACT

### EFFICIENCY OF *Azospirillum* sp. ON GROWTH AND PRODUCTIVITY OF RICE - CASE STUDY

Author: José Nilton Soares Aranda

Advisor: Luciana Zago Ethur

Data: Itaquí, February 20, 2017.

Bacteria of the genus *Azospirillum* can be a sustainable alternative for rice cultivation, due to the possible benefits they bring the plants, such as biological nitrogen fixation (BNF). The objective of this work was to study and analyze scientific papers published in periodicals and annals on the efficiency in the use of inoculants based on *Azospirillum* on the growth and productivity of rice. For this, the case study was used as research methodology. Bibliographical research on the subject was carried out, in scientific journals, annals of events, books and websites. In this way, the work was developed in two parts, in the first the research was about the characteristics, the species and the form of action of the bacterium of the genus *Azospirillum*. Among the poaceae, we tried to focus on the rice, because it is the plant object of this study. The second part of the study was characterized by the results of scientific studies, ordered in tables, referring to the efficiency in the use of inoculants based on *Azospirillum* sp. Growth and yield of irrigated rice. Besides the characterization and forms of action of the bacterium *Azospirillum* sp., Two tables were organized, the first with 5 works carried out in pots and the second, with 10 works developed in the field. In the works developed in pots the variable analyzed in 80% of the works was the growth of plants, whereas in the works developed to the field was the productivity. Analyzing the results found in the experiments with rice, it can be concluded that the use of the *Azospirillum* bacterium does not present a considerable influence on the growth and productivity of the rice.

Keywords: *Oryza sativa*, plant growth promoting bacteria, inoculation, colonization

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais bactérias fixadoras de N <sub>2</sub> .....	21
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies de <i>Azospirillum</i> .....	17
Tabela 2: Experimentos realizados em vasos .....	22
Tabela 3: Experimento realizado à campo .....	23

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo geral .....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2 METODOLOGIA.....	15
3 DESENVOLVIMENTO .....	16
3.1 Características, espécies e ação da bactéria <i>Azospirillum</i> .....	16
3.1.1 A bactéria <i>Azospirillum</i> .....	16
3.1.2 Espécies do gênero <i>Azospirillum</i> .....	17
3.1.3 Fixação biológica de nitrogênio pelo gênero <i>Azospirillum</i> .....	18
3.1.4 Atuação de <i>Azospirillum</i> em poáceas .....	19
3.1.4.1 Milho.....	19
3.1.4.2 Trigo .....	19
3.1.4.3 Arroz .....	20
3.2 Utilização de <i>Azospirillum</i> em experimentos com arroz .....	22
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	25
5 REFERÊNCIAS .....	26

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é o grão de maior importância econômica e social no mundo por ser alimento básico para a maioria da população. O Brasil está entre os dez principais países produtores de arroz e a região Sul, onde se concentra o cultivo de arroz irrigado, participa com 70% da produção brasileira (CARDOSO, 2010). Com destaque para a Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, com uma produção de 2.094.330t na safra 2015-2016, região essa onde encontram-se os maiores produtores de arroz irrigado do estado, os municípios de Uruguaiana e Itaqui os primeiros do ranking, respectivamente 1º e 2º, onde juntos somaram mais da metade da produção regional (IRGA, 2016).

Os problemas enfrentados atualmente na agricultura relacionam-se ao avanço desordenado da fronteira agrícola, a utilização inadequada dos sistemas de rotação de culturas e o não reaproveitamento de resíduos de culturas anteriores, além da baixa eficiência de diversos fertilizantes que vem encarecendo o custo da produção (VOGEL, 2013).

De acordo com Reis et al. (2007) apud VOGEL et al. (2013) atualmente vem-se buscando alternativas que auxiliam no aumento da eficiência no uso de insumos, entre elas a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN), realizada por bactérias diazotróficas, sendo que estas vêm se tornando uma das alternativas que auxiliam na redução da aplicação de insumos e melhor aproveitamento destes.

Entre essas bactérias que atuam na (FBN) encontra-se as do gênero *Azospirillum* que podem ser encontradas colonizando a rizosfera, os colmos e até mesmo as folhas em associação endofítica com diversas plantas, dentre elas as gramíneas de interesse econômico cultivadas em regiões de clima tropical, como milho, trigo e arroz (CARDOSO, 2010).

Além de fixar nitrogênio essas bactérias promovem outros benefícios às plantas como a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa, maior altura de plantas (HUNGRIA, 2011).

Encontram-se diversos trabalhos na literatura que mencionam o uso de *Azospirillum* sp. no cultivo de poáceas, principalmente arroz, milho e trigo. Porém,

não existe compilação e análise dos resultados desses trabalhos sobre a eficiência no crescimento de plantas e produtividade para o cultivo do arroz irrigado. Nesse sentido, buscam-se respostas para a indicação ou não do uso de *Azospirillum* sp. no cultivo do arroz.

### **1.1 Objetivo geral**

- Estudar e analisar trabalhos científicos publicados em periódicos e anais sobre a eficiência no uso de inoculantes a base de *Azospirillum* sp. no crescimento e na produtividade do arroz.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Pesquisar sobre as características, espécies e forma de ação das bactérias do gênero *Azospirillum*;

- Analisar resultados de trabalhos científicos publicados, realizados à campo e em vasos, sobre a eficiência no uso de inoculantes a base de *Azospirillum* sp. no crescimento e na produtividade do arroz irrigado;

- Indicar o uso ou não de inoculantes a base de *Azospirillum* sp. para o cultivo do arroz irrigado por inundação.

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso. De acordo com Miguel (2007), o objetivo de um estudo de caso é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria. Nesse sentido, buscou-se analisar os resultados de trabalhos científicos acerca da eficiência do uso de inoculantes a base de *Azospirillum* sp. no cultivo do arroz irrigado.

Realizou-se pesquisa bibliográfica, sobre a temática abordada, em periódicos científicos, anais de eventos, livros e sites da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA).

Desta maneira, o trabalho foi desenvolvido em duas partes, na primeira a pesquisa versou sobre as características, as espécies e a forma de atuação da bactéria do gênero *Azospirillum*, além de sua ação nas principais poáceas cultivadas: milho, trigo e arroz. Dentre as poáceas, procurou-se focar no arroz, por ser a planta objeto desse estudo.

A segunda parte do trabalho, caracterizou-se pelo levantamento de resultados de trabalhos científicos, ordenados em tabelas, referentes a eficiência no uso de inoculantes a base de *Azospirillum* sp. no crescimento e na produtividade do arroz irrigado. As tabelas foram organizadas contendo as seguintes informações dos trabalhos analisados: espécie da bactéria, tratamento, doses, interferência no crescimento de plantas e na produtividade, além da referência do trabalho. Dessa forma, na segunda parte realizou-se a análise e discussão do fator: *Azospirillum* sp. x arroz irrigado.

## 3 DESENVOLVIMENTO

### 3.1 Características, espécies e ação da bactéria *Azospirillum*

#### 3.1.1 A bactéria *Azospirillum*

Para sumarizar podemos dizer que o gênero *Azospirillum* engloba bactérias gram-negativas que pertencem à subdivisão – proteobacteria. São bactérias microaerofílicas, não-fermentativas, e que em sua grande maioria promove o crescimento vegetal (REIS, 2010).

Bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam grande destaque mundialmente a partir da década de 1970, com a descoberta pela pesquisadora da Embrapa, Johanna Döbereiner (1924-2000), da capacidade de fixação biológica de nitrogênio dessas bactérias quando em associação com poáceas (HUNGRIA, 2011).

Dentre as bactérias fixadoras de nitrogênio presentes na rizosfera das poáceas, o gênero *Azospirillum*, em especial a espécie *Azospirillum brasilense*, constitui uma gama de estudos devido a sua ampla distribuição nos solos tropicais e subtropicais. Tais estudos vem, demonstrando que o uso desta bactéria tem estimulado o crescimento vegetal, aumentando a produtividade e concentrações de nitrogênio em diversas plantas de interesse agropecuário (VOGEL, 2014). Outros efeitos positivos desses organismos podem ocorrer por influência direta (aumento da solubilização e entrada de nutrientes ou produção de reguladores de crescimento vegetal) ou indireta (supressão de patógenos por produção de sideróforos ou antibióticos) (KUSS, 2007).

Há relatos de que as bactérias desse gênero também podem ser endofíticas facultativas (HUNGRIA, 2011). Micro-organismos endofíticos podem ser fungos ou bactérias que, durante todo ou parte de seu ciclo de vida, invadem tecidos de plantas vivas através de infecções não aparentes e sem causar sintomas de doenças. Bactérias que habitam a endorizosfera são consideradas endofíticas, mas compreendem também espécies que colonizam tecidos internos de outros órgãos vegetais como caule e folhas (MOREIRA, 2006).



### 3.1.2 Espécies do gênero *Azospirillum*

Até o momento, 15 espécies de *Azospirillum* foram descritas, mas em termos de fisiologia e genética, as mais estudadas são *A. lipoferum* e *A. brasilense* descritas por Tarrand et. al. (1978) apud REIS et al. (2010). Estas duas espécies são abundantes, normalmente encontradas em áreas tropicais, associadas com forrageiras, cereais como milho, arroz, trigo, sorgo além de outras poáceas como a cana-de-açúcar e de diversas plantas de outras famílias.

Existe diferentes espécies de *Azospirillum* (Tabela 1), incluindo *A. oryzae* isolada a partir de amostras de arroz inundado coletadas na China (REIS, 2010).

Tabela 1 – Espécies de *Azospirillum*, citadas na literatura, em experimentos com diferentes plantas.

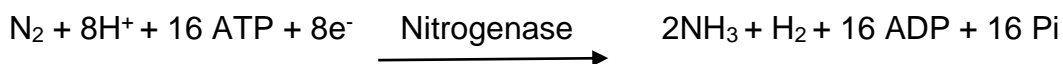
<b>Espécies do gênero <i>Azospirillum</i></b>	<b>Espécie vegetal (referência)</b>
<i>Azospirillum brasilense</i> / <i>A. lipoferum</i>	Milho, arroz, sorgo, trigo, cevada, <i>Miscanthus sinensis</i> , <i>Panicum maximum</i> , <i>Brachiaria mutica</i> , <i>Pennisetum purpureum</i> .
<i>A. amazonense</i>	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Digitaria</i> sp., <i>Azonopus</i> sp., <i>Panicum pilosum</i> , <i>Paspalum virgatum</i> , <i>Manihot utilissima</i> , <i>Digitaria decumbens</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> , <i>Pennisetum purpureum</i> ; <i>Eichornia crassipes</i> , <i>Echinochloa polistachya</i> , <i>Leptochloa scabra</i> , <i>Panicum boliviense</i> , <i>Paspalum repens</i> , <i>Sorghum arundinaceum</i> , <i>Brachiaria humidicola</i> , <i>Bactris gasipaes</i> (pupunha); orquídeas (várias espécies), tomate, trigo, milho, couve, cana de açúcar, dendê, <i>Paspalum notatum</i> , <i>Bambusa vulgaris</i> (bambu), <i>Coffea arabica</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Pennisetum purpureum</i> , <i>Eucalyptus grandis</i> ; milho, sorgo, arroz.
<i>A. halopraeferans</i>	<i>Leptchloa fusca</i>
<i>A. irakense</i>	Arroz
<i>A. doebereineriae</i>	<i>Miscanthus</i> spp.
<i>A. oryzae</i>	Arroz

Fonte: MOREIRA, 2006.

### 3.1.3 Fixação biológica de nitrogênio pelo gênero *Azospirillum*

Com relação ao nitrogênio, a maior parte dele, no planeta Terra (93,8%), está na crosta terrestre. Os 6,2% restantes estão na ecosfera. Nesta 99,96% do nitrogênio está na forma de N<sub>2</sub> na atmosfera e, os restantes 0,04%, nas formas combinadas orgânicas ou inorgânicas existentes nos ecossistemas aquáticos e terrestres. Os animais, os vegetais e a maioria dos microrganismos dependem dessa pequena parcela de N nas formas combinadas, pois o imenso reservatório de N<sub>2</sub> que compõe cerca de 78% da atmosfera não é acessível nutricionalmente a todos os eucariotos (incluindo as plantas) e à maioria dos procariotos. Apenas uma parcela relativamente pequena das espécies de procariotos possui a enzima nitrogenase que é capaz de reduzir o N<sub>2</sub> para a forma inorgânica combinada NH<sub>3</sub> que pode então, tornar-se disponível para plantas e outros organismos, os quais são chamados de fixadores de N<sub>2</sub> ou diazotróficos (MOREIRA, 2006).

De acordo com Moreira (2006) o processo da fixação biológica de N<sub>2</sub> (FBN) – é representado pela seguinte equação nas condições normais de temperatura e pressão:



A enzima nitrogenase é composta por duas unidades básicas: uma ferro – proteína que coleta a força redutora e energia e outra ferro – molibdênio, proteína que coleta e reduz o substrato. Outros dois tipos de nitrogenase independentes de molibdênio são também conhecidos, um contendo vanádio no lugar de molibdênio e outro contendo apenas ferro. Esses tipos já foram encontrados em espécies dos gêneros: *Clostridium*, *Rhodobacter*, *Anabaena*, *Rhodospirillum*, *Heliobacterium* e *Azospirillum* (MOREIRA, 2006).

O gênero *Azospirillum* é amplamente difundido e pode ser encontrado em densidades populacionais variadas dependendo da sua interação com a cultivar utilizada e o ambiente. Em ambientes alagados, como em arroz inundado, essas bactérias microaerofílicas encontram um ambiente favorável, melhorando a nutrição e desenvolvimento, segundo Souza et al. (2000) apud BEUTLER et al. (2016).

A inoculação com *Azospirillum* promove incrementos significativos no desenvolvimento radicular das plantas, além da fixação biológica do nitrogênio, podendo resultar em melhor aproveitamento e utilização do adubo e água e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas (GARCIA, 2015).

#### **3.1.4 Atuação de *Azospirillum* em poáceas**

A fixação biológica de nitrogênio pelas bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com poáceas podem contribuir com o fornecimento de parte das necessidades das plantas por este nutriente. Esse grupo de bactérias também sintetiza hormônios, como a auxina, que estimula o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de várias poáceas, entre elas o arroz (GITTI, 2012).

##### **3.1.4.1 Milho**

A interação positiva entre estas bactérias e o milho tem sido demonstrada por vários outros autores e, embora o maior obstáculo para a utilização desta tecnologia é a inconsistência de resultados em condições de campo, ligada a fatores como condições edafoclimáticas e interações com a biota do solo, levantamentos de diversos experimentos realizados em vários países mostram que a inoculação com *Azospirillum* resultou, na maioria dos casos, em aumento de matéria seca, produtividade e acúmulo de nitrogênio (FRANCISCO, 2012).

##### **3.1.4.2 Trigo**

Para a cultura do trigo observaram-se resultados diferentes na eficiência da inoculação de sementes e produtividade. Segundo Sala et al. (2005) apud MENDES et al. (2011) vários autores obtiveram resultados positivos com bactérias do gênero *Azospirillum*, as quais promoveram o crescimento e o acúmulo de N em plantas de trigo. Contudo, Mello (2012) utilizando inoculante e doses de nitrogênio, observou que *Azospirillum* no tratamento de sementes, não influenciou no rendimento de grãos de trigo da cultivar MARFIM e as demais variáveis: números de perfilhos por planta, estatura de planta, massa de grãos por espiga, massa de mil grãos e rendimento de grãos foram somente influenciadas pelo fator nitrogênio.

### 3.1.4.3 Arroz

O cultivo de arroz no Brasil pode ser realizado sob dois ecossistemas: 1º ecossistema várzeas, o qual é responsável pela maior parcela de produção de arroz no Brasil; 2º ecossistema de terras altas, o qual possui a maior área de cultivo em relação ao ecossistema de várzeas, mas por depender da precipitação pluvial para suprir a demanda hídrica tem sua produtividade reduzida (GOES, 2012). Isto porque, a irregularidade da distribuição de chuvas durante o período de cultivo do arroz é frequente, portanto, a necessidade de água pela planta em determinada fase pode não ser atendida, comprometendo o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, a sua produtividade (GOES, 2012).

Dentre as várias formas de aumentar a produção vegetal, destaca-se a importância do suprimento de nitrogênio, elemento importante na síntese de proteínas e enzimas que garantem a vida do vegetal (KUSS, 2006).

O uso de adubo nitrogenado representa o maior custo entre os fertilizantes, em especial nas gramíneas. Ao longo dos tempos, verifica-se uma intensiva utilização de adubação nitrogenada química, ocasionando vários problemas ambientais como a contaminação das águas e do solo com nitratos (VOGEL, 2013).

A fixação biológica do N pelas bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas podem contribuir com o fornecimento de parte das necessidades das plantas por este nutriente. Esse grupo de bactérias também sintetizam hormônios, como a auxina, que estimula o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de várias gramíneas, entre elas o arroz (GITTI, 2012).

De acordo com Silva et al. (2004) apud BEUTLER et al. (2016) estas bactérias ocorrem em campos de arroz colonizando raízes e hastes endofiticamente. Uma vez que não há formação aparentemente de estruturas especializadas de fixação de N<sub>2</sub> (nódulos), e estes microrganismos podem invadir o tecido vegetal por feridas, rachaduras causadas pela emergência das raízes laterais, lesões mecânicas e estômatos, espalhando em toda a planta por vasos de seiva, segundo Reis et al. (2006) apud BEUTLER et al. (2016).

As recentes pesquisas com bactérias diazotróficas apontam para o fato de que o arroz forma associações com variadas espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio, e que alguns destes microrganismos podem ser responsáveis por suprir

as plantas com nitrogênio necessário ou substâncias promotoras de crescimento para garantir a produção (KUSS, 2006).

A diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas, em diferentes genótipos de arroz, varia nos estágios de desenvolvimento e partes da planta. Segundo alguns autores, possivelmente o colmo é um nicho mas sustentável, para endofíticas fixadoras, do que a raiz, por ser aparentemente, um ambiente menos concorrido por fotossintatos (RODRIGUES, 2006).

Embora existam diferentes formas bacterianas que podem auxiliar na fixação de nitrogênio, como mostra a figura 1, estudos envolvendo esta cultura com o uso de inoculantes e as várias formas de inoculação ainda são escassas (GARCIA, 2016).

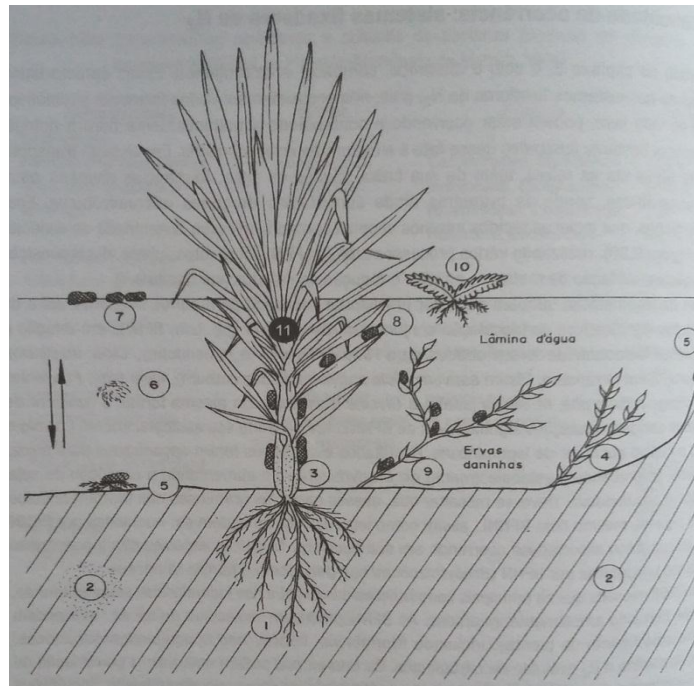


Figura 1- Principais bactérias fixadoras de  $N_2$  em diversos nichos do sistema de arroz inundado (modificado de Kulascorya et al., 1980 e Watanabe & Roger, 1984). 1- rizosfera; 2- solo; 3- epifíticas no arroz; 4- epifíticas em plantas invasoras; 5- cianobactérias na interface água-solo; 6- flutuante; 7- na interface água-ar; 8- epifíticas no arroz; 9- epifíticas em plantas invasoras; 10- em simbiose com *Azolla* (*Anabaena/Nostoc azollae*); 11- endofíticas. (Fonte: Moreira, 2006, p. 542)

### 3.2 Utilização de *Azospirillum* em experimentos com arroz

Na literatura é encontrada uma gama de trabalhos que descrevem experimentos com o uso de inoculante a base de *Azospirillum* no cultivo do arroz, porém alguns estão relacionados com o isolamento da bactéria, outros analisam apenas a fase inicial de crescimento do arroz, versam sobre os gens envolvidos na relação entre a bactéria e a planta ou os relacionados com a ação da bactéria.

Os trabalhos encontrados na literatura científica, tanto em artigos como em anais de eventos, encontram-se separados em duas tabelas (Tabela 2 e Tabela 3). Na tabela 2 estão relatados os trabalhos que foram desenvolvidos em vasos e na tabela 3, os que foram desenvolvidos a campo.

Tabela 2. Experimentos realizados em vasos, com o uso de inoculante a base de *Azospirillum* sp. no cultivo do arroz.

ESPÉCIE	TRAT.	DOSES	CRESC. PLANTAS	PROD.	REF.
<i>A. brasilense</i>	Semente	$2 \times 10^8 / \text{mL}^{-1}$		Não tem influência	BEUTLER, et al.; 2016
<i>A. brasilense</i>	Plântulas	0,1mL de uma suspensão bacteriana contendo $10^8$ células $\text{mL}^{-1}$	Não houve efeito claro da inoculação		PERIN, et al.; 2003
<i>A. lipoferum</i> e <i>A. brasilense</i>	Semente	$2 \times 10^8$ células viáveis $\text{mL}^{-1}$	Houve aumento no crescimento com <i>A. brasilense</i>		DIDONET et al.; 2003
<i>A. brasilense</i> e <i>A. lipoferum</i>	Semente	$1 \text{mL} \times 10^8 \text{mL}^{-1}$	Não houve incremento na altura de plantas		KUSS et al.; 2008
<i>Azospirillum</i> Sp.	Semente	$10^8$ células $\text{mL}^{-1}$	Não houve incremento no desenvolvimento vegetativo		BIANCHET et al.; 2015

TRAT. = Tratamento, CRESC. PLANTAS = Crescimento de Plantas, PROD. = Produtividade, REF = Referências.

Tabela 3. Experimentos realizados a campo, com o uso de inoculante a base de *Azospirillum* sp. no cultivo do arroz.

ESPÉCIE	TRAT.	IRRIG.	DOSES	CRESC. PLANTAS	PROD.	REF.
<i>A. brasilense</i>	Semente	Aspersão	2x10 <sup>8</sup> células viáveis/g <sup>-1</sup>		Não houve influência	GITTI, et al.; 2012
<i>A. brasilense</i>	Semente	Aspersão	2x10 <sup>8</sup> células viáveis/g <sup>-1</sup>		Não houve influência	GOES, et al.; 2012
<i>A. brasilense</i>	Aspersão	Aspersão	2x10 <sup>8</sup> células viáveis/mL <sup>-1</sup>	Estimulou o crescimento	Incremento de 10,9% com irrigação por aspersão de 200mL <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>	GARCIA, et al.; 2015
<i>A. brasilense</i>	Semente	Aspersão	2x10 <sup>8</sup> UFC g <sup>-1</sup>		Aumento na produtividade	CHAVES, et al.; 2016
<i>A. brasilense</i>	Semente	Aspersão	2x10 <sup>8</sup> células viáveis/mL <sup>-1</sup>		Não houve aumento na produtividade	BANHEZA et al.; 2012
<i>A. brasilense</i>	Semente Aspersão	Inundação	0,20 mL <sup>-1</sup> / 81,5 g <sup>-1</sup> sementes 1 <sup>a</sup> aplicação 0,37mL <sup>-1</sup> e 2 <sup>a</sup> aplicação 1,87mL <sup>-1</sup>		Não houve interferência na prod.	FRESIN- GHELLI et a 2015
<i>Azospirillum</i> Sp.	Aspersão	Inundação	Dose recomendada do produto		Não houve incremento na produtividade	SANTOS et al.; 2015
<i>A. brasilense</i>	Aspersão	Aspersão	2,10 <sup>8</sup> células viáveis/g <sup>-1</sup>		Não houve interferência na produtividade	GALASSI et al.; 2015
<i>A. brasilense</i>	Aspersão	Aspersão	2,10 <sup>8</sup> células viáveis/mL <sup>-1</sup>		Não houve interferência *devido ao ano atípico	GARCIA et al.; 2015
<i>A. brasilense</i>	Semente	Aspersão	100 g <sup>-1</sup> / 25 Kg <sup>-1</sup> de sementes		Não houve incremento na produtividade	RODRI- GUES et al.; 2015

TRAT. = Tratamento, IRRIG. = Irrigação, CRESC. PLANTAS = Crescimento de Plantas, PROD. = Produtividade, REF = Referências.

Analisando os resultados dos trabalhos realizados em vasos, tabela 2, observa-se que os trabalhos em sua maioria avaliaram crescimento de plantas, sendo a forma de tratamento mais usada a inoculação de sementes. A espécie mais utilizada foi a *A. brasilense* com as doses recomendadas pelo fabricante do inoculante, de acordo com as formas de condução do trabalho, em vasos ou em laboratório.

Observando a tabela 3, onde estão os resultados encontrados dos trabalhos realizados a campo, 80% dos trabalhos não apresentaram incremento na variável produtividade.

Os tratamentos utilizados para inoculação (Tabela 3) foram 54,5% realizada diretamente na semente e 45,5% por aspersão em plantas. Nos tratamentos por aspersão com inoculante as plantas estavam entre os estádios V3- V4 antes do início da irrigação, sendo nesses estádios realizada a aplicação de 2/3 da dose da adubação nitrogenada em cobertura com ureia (46% de N) (SANTOS, 2015). Porém, um fator importante que deve ser considerado é a questão econômica, sendo que se for via aspersão o custo da lavoura de arroz se tornará mais elevado, visto que a aplicação em lavouras com irrigação por inundação deve ser via aérea, o que é o caso dos municípios da Fronteira Oeste do Estado do RS, tornando-se um investimento que pode não ter o retorno financeiro esperado.

Os métodos de irrigação utilizados (Tabela 3) foram: 80% aspersão e 20% inundação, observando-se que existe necessidade de trabalhos com arroz inundado. Um fator que pode interferir para a escolha pelo método de aspersão para a irrigação dos experimentos com arroz é a facilidade na organização das parcelas experimentais, no método de inundação requer muita mão de obra e cuidado.



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados encontrados nos experimentos com arroz, pode-se concluir que a utilização da bactéria *Azospirillum* não apresenta influência considerável no crescimento e na produtividade do arroz.

Pode-se afirmar que o uso de inoculantes a base de *Azospirillum* sp. na cultura do arroz não apresenta resultados significativos, com relação ao método de irrigação por inundação. Porém, como citado por alguns autores os estudos do uso das bactérias fixadoras de nitrogênio em poáceas ainda são poucos, não sendo possível no momento ter uma conclusão definitiva em relação ao uso de bactérias em arroz e sua produtividade.

## 5 REFERÊNCIAS

BANHEZA, I.L.B.; LAVEZO, A.; BANHEZA, I.B.; KROETZ, H.I.; KOGA, P.S. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio na cultura de arroz de terras altas na região de Alta Floresta – MT. **Revista de Ciências Agro – Ambientais**, Alta Floresta – MT, v.10, n.2, p.205-212, 2012.

BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; DEAK, E.A.; SCHMIDT, M.R.; GALON, L. Effect of nitrogen – fixing bacteria on gran yield and development of flooded irrigated rice. **Rev. Caatinga**. Mossoró, v.29, n.1, p.11-17, 2016.

BIANCHET, P.; SANGOI, L.; SOUZA, C.A.; FILHO, O.K.; PANISON, F. Desenvolvimento vegetativo do arroz irrigado afetado pela inoculação com *Azospirillum* e aplicação de nitrogênio mineral. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata (2015), vol.114 (2): 201-207.

CARDOSO, I.C.M.; FILHO, O.K.; MARIOTTO, J.R.; MIQUELLUTI, D.J.; VICENTE, D.; NEVES, A.N. Ocorrência de bactérias endofíticas do gênero *Azospirillum* em arroz irrigado no estado de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.9, n.2, p. 178-186, 2010.

CHAVES, J.D.S.; MIRANDA, A.F.M.; SANTANA, A.S.; RODRIGUEZ, C.A.; SILVA, E.D.S. Eficiência da inoculação na cultura do arroz (*Oryza sativa*) no Sul do estado de Roraima. **Revista ambiente: Gestão e desenvolvimento** – volume 9, n.2, Dezembro/2016. ISSN ONLINE: 1981 – 4127.

DIDONET, A.D; DIDONET, C.C.G.M.; GOMES, G.F. Avaliação de linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum liporefum* sp 59b e *A. brasilense* sp 245. Embrapa Arroz e Feijão: Santo Antônio de Goiás – GO, Brasil, 2003 (Comunicado Técnico 69).

FRANCISCO, E.A.B.; KAPPES, C.; DOMINGUES, L.; FELIPPI, C.L. Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* e aplicação de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, XXIX. Águas de Lindóia – 26 a 30 de agosto de 2012. **Anais...** Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.

FRESINGHELLI, J.C.; ETHUR, L.Z.; BRESOLIN, A.P.S.; RODRIGUES, C.R.; SEVERO, I.K.; CADORE, L.D.S.; CABRAL, M.D.; PILLAR, T.T. Uso de *Azospirillum brasilense* e uréia no cultivo do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, IX. Pelotas – 11 a 14 de agosto de 2015. **Anais...** Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI), 2015.

GALASSI, A.D.; ARF, O.; ALVES, C.J.; GARCIA, N.F.S.; RODRIGUES, R.A.F.; NOGUEIRA, L.M.; SASAKI, L.M. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e uso do regulador de crescimento Etil – Trinexapac em arroz de terras altas irrigado por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, IX. Pelotas – 11 a 14 de agosto de 2015. **Anais...** Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI), 2015.

GARCIA, N.F.S.; ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; RODRIGUES, M.; PENTEADO, M.D.S. Rendimento e qualidade de grãos de arroz de terras altas em função de doses e modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia biosfera**, v.11, n.21, p.1653, 2015.

GARCIA, N.F.S.; ARF, O.; RODRIGUES, M.; PORTUGAL, J.R.; RODRIGUES, R.A.F.; PERES, A.R.; ALVES, C.J. Doses e modos de aplicação de inoculante contendo *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas safra 2013/14. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, IX. Pelotas – 11 a 14 de agosto de 2015. **Anais...** Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI), 2015.

GITTI, D.D.C.; ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C.; RODRIGUES, R.A.F.; KANEKO, F.H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p.509-517, 2012.

GOES, R.J.; RODRIGUES, R.A.F. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de N mineral em arroz de terras altas irrigado por aspersão. UNESP – Campus de Ilha Solteira, 2012.

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

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. Safra 2015/16 Produção por município. Disponível em: <[http://www.irga.rs.gov.br/upload/20160628092753produtividade\\_municipios\\_safra\\_15\\_16.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20160628092753produtividade_municipios_safra_15_16.pdf)>. Acesso em: 24 de jan. 2017.

KUSS, A.V; LOVATO, T. Fixação de nitrogênio por bactérias diazotróficas em cultivares de arroz irrigado. UFSM – Santa Maria, RS, 2006.

KUSS, A.V.; KUSS, V.V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M.L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.2, n.10, p.1459 – 1465, 2007.

KUSS, A.V.; KUSS, V.V.; HOLTZ, E.K.; LOVATO, T. Inoculação de bactérias diazotróficas e desenvolvimento de plântulas de arroz irrigado em solo e câmara de crescimento. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.15, n.1, p.90-102, 2008.

MELLO, N.D.; JUNIOR, G.L.C.L.; ESCOSTEGUY, P.A.V. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* nas culturas de milho e trigo**. UPF: Passo Fundo – RS, 2012.

MENDES, M.C.; ROSÁRIO, J.G.; FARIA, M.V.; ZOCHE, J.C.; WALTER, A.L.B. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p. 95 – 110, 2011.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

PERIN, L.; SILVA, M.F.D. FERREIRA, J.S.; CANUTO, E.L.; MEDEIROS, A.F.A.; OLIVARES, F.L.; REIS, V.M. Avaliação da capacidade de estabelecimento endofítico de estirpes de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* em milho e arroz. *Agronomia*, vol.37, n.2, p.47-53, 2003.

REIS, V.M.; PEDRAZA, R.O.; TEIXEIRA, K.R.D.S. **Diversidade e relação filogenética de espécies do gênero *Azospirillum***. Embrapa Agrobiologia: Seropédica, 2010. (Documentos Embrapa – 273).

RODRIGUES, L.D.S.; BALDANI, V.L.D.; REIS, V.M.; BALDANI, J.I. Diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* na cultura do arroz inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p. 275 – 284, Fev. 2006.

RODRIGUES, M.; ARF, O.; GARCIA, N.F.S.; RODRIGUES, R.A.F.; PERES, A.R. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão: Safra 2013/14. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, IX. Pelotas – 11 a 14 de agosto de 2015. **Anais...** Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI), 2015.

SANTOS, R.N.D.; SANTOS, F.L.D.; SÁ, E.L.S.D.; MORAIS, F.A.D.; CARLOS, F.S.; CEREZA, T.V. Avaliação da produção de arroz irrigado inoculado com bactérias promotoras de crescimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, IX. Pelotas – 11 a 14 de agosto de 2015. **Anais...** Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI), 2015.

VOGEL, G.F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P.J.; BICHEL, A. Desempenho agronômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: Uma revisão. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.6, n.3, p.567– 578, 2013.

VOGEL, G.F.; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: Importância e resultados. Revisão de Literatura, v.10, n.1, p. 01 – 06, 2014.