

RESUMO EXECUTIVO

EXECUTIVE SUMMARY

PROJETO NUCLEUS

2016-2018



Nucleus - Centro Virtual de Pesquisas do Reino Unido e Brasil para aprimorar a eficiência do uso do nitrogênio por meio de uma abordagem integrada de sistemas-solo-planta

Nucleus - A Virtual Joint Centre for enhanced Nitrogen Use Efficiency via an integrated Soil-Plant Systems approach for the United Kingdom and Brazil



Apresentação

Atualmente, a questão da sustentabilidade do planeta é um tópico assumido de maneira prioritária. Na ciência o trabalho em rede gera um somatório de esforços, aumenta a eficiência tecnológica e melhora o aproveitamento dos conhecimentos e das estruturas de pesquisa existentes. Apoiando-se nesses pressupostos, criou-se o Virtual Joint Centre for Enhanced Nitrogen Use Efficiency via an integrated Soil-Plant Systems approach for the United Kingdom and Brazil - Nucleus”, que é uma rede de estudos formada por instituições de ensino, pesquisa e extensão do Reino Unido (The University of Nottingham, University of Aberdeen, Bangor University e Rothamsted Research) e do Brasil (Universidade de São Paulo - USP, Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho - Unesp, Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Universidade Estadual do Maranhão - Uema, Instituto Federal Goiano - IFGoiano, Universidade Federal de Goiás - UFG e Embrapa Arroz e Feijão)

O objetivo do Projeto Nucleus é aprimorar a eficiência de uso do nitrogênio (EUN), por meio da ampliação, compreensão e superação das lacunas de conhecimento sobre aspectos agrônômicos, melhorando a sincronia entre a disponibilidade de N do solo em quantidade adequada e a necessidade das plantas e, em consequência, proporcionar condições de melhorar o seu aproveitamento e reduzir perdas. Assim, a investigação de fontes, práticas e manejos menos propensos a perdas de N, propiciam à cultura expressar o seu potencial produtivo, reduzindo custos e impactos nos aspectos social e ambiental e contribuindo para a segurança alimentar.

Visão geral da estratégia

O Projeto Nucleus é estruturado em seis Planos de Ações - PAs (Figura1), e as atividades distribuídas entre seis equipes, compostas por integrantes do Reino Unido e do Brasil. As equipes do Brasil são divididas por estados. Em Goiás, a equipe é formada por pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão e professores da Universidade Federal de Goiás e do Instituto Federal Goiano. No Maranhão, por professores da Universidade Estadual do Maranhão, e de São Paulo por professores da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, da Universidade de São Paulo, da Universidade do Oeste Paulista e do Instituto Agrônomo de Campinas. As equipes

Introduction

Global sustainability is of great concern nowadays and all sectors in the society are involved. In science, working in networks lead to convergence of efforts, to technological efficiency improvement, to a better use of knowledge and existing research facilities. These were the very reasons for setting up the Virtual Joint Centre for Enhanced Nitrogen Use Efficiency via an Integrated Soil-Plant Systems Approach for the UK and Brazil – Nucleus, which is a research network consisted of institutions dedicated to education, research and extension services in both the UK and Brazil.

The objective of Nucleus project is to enhance our understanding of the key agronomic aspects of nitrogen use efficiency (NUE) and improve the synchronicity between plants need for N and soil N availability at an adequate rate and support an optimal soil-plant environment that diminishes N losses. We aim to achieve this via investigating the main nitrogen sources, management and pathways in the soil-plant-atmosphere continuum and identifying how N pools least prone to losses can be managed aiming at a more efficient use of N by crop plants.

Strategy overview

NUCLEUS works within six key collaborative Work Plans – WP (Figure 1) and the actions are split within six groups each consisted of researchers from both the UK and Brazil. The following institutions are from Brazil: Embrapa Rice and Beans, Federal University of Goiás and the Federal Goiano Institute are from the State of Goiás and all were sponsored by the Foundation for Research Support of the State of Goiás (FAPEG). Other research institutions were from the State of Sao Paulo and the State of Maranhao.

brasileiras receberam suporte financeiro, respectivamente, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - Fapeg, da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - Fapema e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Fapesp.

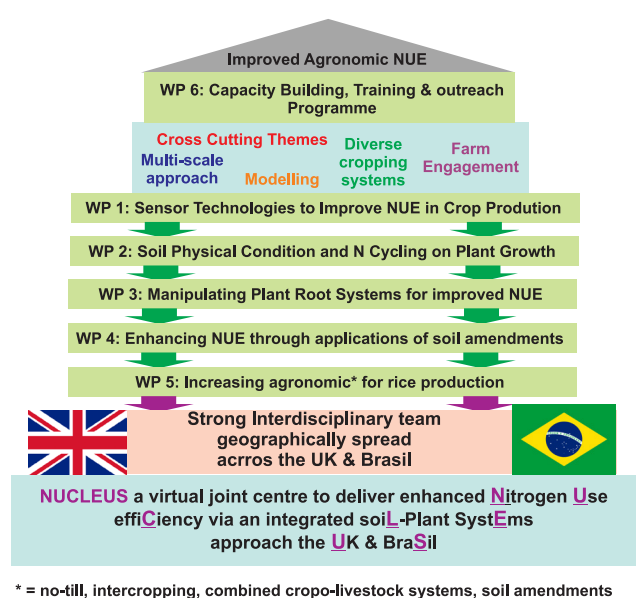
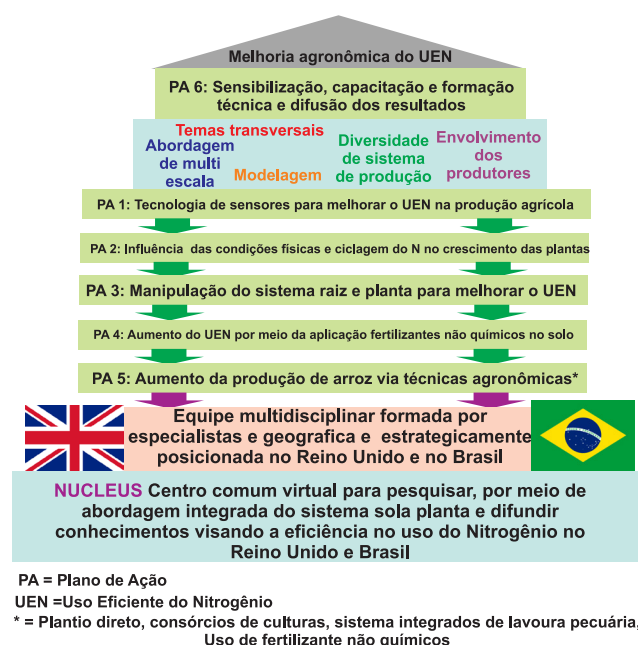


Figure 1 Plan of actions of the Nucleus Project.

Figura 1 Planos de ações do Projeto Nucleus.

Instituições e equipe de Goiás

Instituições participantes no estado de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Universidade Federal de Goiás, Instituto Federal Goiano.

Equipe técnica de Goiás: Mellissa Ananias Soler da Silva - Embrapa Arroz e Feijão (Coordenadora do PA 5); Beáta Emöke Madari - Embrapa Arroz e Feijão; Maria da Conceição Santana Carvalho - Embrapa Arroz e Feijão; Alberto Baêta dos Santos - Embrapa Arroz e Feijão; Márcia Thaís de Melo Carvalho - Embrapa Arroz e Feijão; Carlos Magri Ferreira - Embrapa Arroz e Feijão; Alexandre Bryan Heinemann - Embrapa Arroz e Feijão; Virgínia Damin - Universidade Federal de Goiás (Coordenadora do PA 1); Rilner Alves Flores - Universidade Federal de Goiás; Gustavo Castoldi - IFGoiano; Carlos Ribeiro Rodrigues - IFGoiano.

Atividades programadas e realizadas pela equipe de Goiás

A equipe de Goiás teve como responsabilidades a coordenação e a execução de atividades do

Institutions and the Goiás' team

Goiás Institutions: Embrapa Rice and Beans, Federal University of Goiás and the Federal Goiano Institute

Goiás' team: Mellissa Ananias Soler da Silva - Embrapa Rice and Beans (Coordinator WP 5); Beáta Emöke Madari - Embrapa Rice and Beans ; Maria da Conceição Santana Carvalho - Embrapa Rice and Beans ; Alberto Baêta dos Santos - Embrapa Rice and Beans ; Márcia Thaís de Melo Carvalho - Embrapa Rice and Beans ; Carlos Magri Ferreira - Embrapa Rice and Beans ; Alexandre Bryan Heinemann - Embrapa Rice and Beans ; Virgínia Damin - Federal University of Goiás (Coordinator WP 1); Rilner Flores - Federal University of Goiás ; Gustavo Castoldi - Federal Goiano Institute ; Carlos Ribeiro Rodrigues - Federal Goiano Institute

Activities planned and carried out by the Goiás' team

The Goiás' team was in charge of the coordination and the implementation of the actions

PA 1 - Tecnologia de sensores para melhorar a eficiência de uso de nitrogênio - EUN na produção agrícola e do PA 5 - Aumento da produção de arroz irrigado e de terras altas via técnicas agrônômicas. Estão sendo desenvolvidas também atividades relacionadas ao PA 6 - Sensibilização, capacitação e formação técnica e difusão dos resultados do Nucleus.

Principais Resultados alcançados pela equipe de Goiás no período de 2016 a 2018

a) Organização e gestão de processos institucionais com o propósito de consumir e fortalecer as relações entre as instituições envolvidas e a criação de condições favoráveis para a realização dos trabalhos pela equipe de Goiás

i) **Reuniões de equipe:** Visando a integração da equipe, o entendimento e foco no escopo do projeto e a consciência do papel individual para a consecução dos objetivos coletivos, realizaram-se oito reuniões de equipe, nas quais decisões colegiadas foram tomadas, abrangendo resultados parciais, dificuldades, planejamento e encaminhamento de atividades previstas, alinhamento e priorização de atividades e de compromissos.

of the PA1, which was about the technology of the sensors to improve nitrogen use efficiency in agricultural production and the PA5 about the increase in both irrigated and upland rainfed rice production using good management practices. Additional actions were carried out as part of our contribution to the PA6 on problem sensibilization, capacity building and broadcasting of results generated by NUCLEUS.

Main achievements by the Goiás' team between 2016 and 2018

a) Organization and management of the institutional processes with the purpose of strengthening the collaboration among institutions involved in the project and the creation of favorable conditions to make all the work of the Goiás' team to happen.

i) **Team meeting:** in order to improve the team integration, the comprehension and focus of the project objective there were eight meetings in which not only the individual initiative for the accomplishment of the objectives were promoted but also decisions were taken about partial results, bottlenecks, planning and the steps ahead for the planned activities.

Equipe de Goiás
visitando comunidades
no Maranhão

Figura 2



Goiás team visiting
communities in
Maranhão

Figure 2

ii) **Materiais padronizados para assegurar clareza e objetividade das informações e interação de membros da equipe com parceiros e público-alvo:** Realizou-se a tradução do projeto original, em inglês, para o português, a criação de um logotipo do projeto, a criação de slide padrão e materiais para a divulgação do projeto e dos resultados.

ii) **All supporting materials were uniform for clarity and purpose of the information and for team member interaction with partners:**



Banner usado em eventos

Figura 3

Banner used in events

Figure 3

iii) **Visita técnica aos experimentos:** Organizaram-se três visitas técnicas a experimentos sobre fontes de nitrogênio, adubos verdes, manejo de água na cultura do arroz e aos equipamentos para monitoramento de gases de efeito estufa em agroecossistema.

iii) **Visit to the field experiments:** there were 3 (three) visits with on-site discussions about nitrogen sources (mineral fertilizers), green manure, water management on irrigated rice and instruments for greenhouse gas emission monitoring.



Membros da equipe de Goiás e estudantes na Fazenda Palmital

Figura 4

Members of the Goiás team and students at the Palmital Farm

Figure 4

iv) **Organização e promoção de eventos:** Nos eventos promovidos pela equipe de Goiás foram abrangidos a elaboração de convites e banners - destaca-se a organização de um e a participação em cinco Nucleus Meeting, nos quais são discutidos os resultados, as linhas de estratégias de pesquisa, os aprofundamentos teóricos e as aplicações práticas dos resultados e apresentação de trabalhos.

iv) **External events:** farm coops and smallholding associations took part in six events, in which one was organized by the Goiás team. The events or meetings were consisted of practical application of results generated by NUCLEUS, in-depth discussion about the observations in the field and the results presented.

Foto oficial da reunião em Goiânia

Figura 5



Official Goiania meeting photo

Figure 5

Seção de Posteres no Nucleus Meeting, realizado em Goiânia

Figura 6



Goiania Nucleus Meeting poster section

Figure 6

- **Dia de campo** na "Exposição de Tecnologias para Agricultura e Pecuária de Goiás - Expotec", realizado em março de 2018. Nesse evento, a equipe de Goiás apresentou o tema "uso de sensores adaptados para drones no manejo da adubação nitrogenada em grãos", para um público de 814 pessoas (produtores, técnicos da extensão rural pública e privada, assistentes técnicos, professores e estudantes de graduação e pós-graduação).

- **Field day** at the Technology Exhibition of the Goias Agriculture – Expotec, which happened on March 2018. In this event, the Goias' team presented the use of sensors adapted to drones in the nitrogen fertilizer management on grain crop production. Approximately 800 people took part in the event mostly consisted of farmers, consultants, extensionists, graduate and undergraduate students.

Estação do projeto Nucleus na Expotec 2018

Figura 7



Nucleus Project at Expotec 2018

Figure 7

- Planejamento, organização e coordenação de palestras, reuniões e workshops para a sociedade em geral.

- Planning, organization and moderation of seminars, meetings and workshops to the society in general.

Reunião com gestores das instituições

Figura 8



Meeting of Nucleus team with institutions managers

Figure 8

Realizou-se evento comemorativo do "World Soil Day 2017". Destaca-se que a capa do folder publicado pela FAO traz foto do evento realizado na Embrapa Arroz e Feijão, que contou com a participação da equipe de Goiás do Nucleus.

The World Soil Day 2017 was celebrated and a FAO folder was published showing the event at Embrapa Rice and Beans in which the NUCLEUS project members took part.

Celebração do dia mundial do solo na Embrapa Arroz e Feijão

Figura 9



Celebration of the world soil day at Embrapa Rice and Beans

Figure 9

v) **Articulações institucionais:** Visando a sinergia, o entrosamento, a identificação de oportunidades de parcerias e de recursos financeiros que garantam a continuidade das pesquisas a longo prazo.

v) **Institutional networking:** this was essential for synergy, team working, partnership development and funding for continuity of a long-term research work.

- Articulação com a Embrapii (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) no Polo de Inovação do Instituto Federal Goiano (IFGoiano), em Rio Verde, GO, para continuidade dos estudos com drones;

- Partnership with the Brazilian Corporation for Industrial Innovation (Embrapii) in the Innovation Center of the Goiano Federal Institute (IF Goiano) in Rio Verde, State of Goias, focused in drone technologies and developing of new sensors to manage nitrogen in crops;

- A equipe Goiás também discutiu e propôs novas estratégias para o PA 6, considerando a complexidade da agricultura brasileira em termos de condições edafoclimáticas, escala de produção, nível tecnológico, entre outras questões. Apresentou os trabalhos "Principles considered by Nucleus Goiás team for results dissemination" e "Suggestions to approach producers from research conducted by the Nucleus Project.

- The Goias' team also discussed new strategies for the PA6 considering specificities of the Brazilian agriculture in terms of soil and climate conditions, scale of agricultural production, technological level etc. Two papers were presented in the previous meetings in Brazil and UK.

vi) **Elaboração de relatórios e notas para a imprensa**

- Elaboração e disponibilização, no site da Embrapa, de dois relatórios parciais, em 2016 e 2017, para a Fapeg;
- Seis notas informativas sobre o projeto e os resultados obtidos foram elaborados e publicados nos sites das instituições parceiras. Foram enviadas contribuições para a elaboração do Newsletter (jornal do projeto);
- Três notas foram divulgadas nas redes sociais, como Twitter e Facebook, e veiculadas nos sites da Embrapa Arroz e Feijão, do IFGoiano e da UFG.

vi) **Reports and articles in the public media**

- Two partial results for FAPEG were produced and presently available in the homepage of Embrapa
- Six releases and newsletters about the project findings were produced and published in the homepage of the partner institutions.
- Three newsletter were published in Twitter and Facebook and in the homepage of Embrapa Rice and Beans and IF Goiano.

Entrevista com membro da equipe de Goiás

Figura 10



Goiás' team member being interviewed

Figure 10

vii) **Apresentações e publicações técnico-científicas**

- Membros da equipe apresentaram palestras em congressos e reuniões técnicas, incluindo o 21st World Congress of Soil Sciences, realizado no Rio de Janeiro, em agosto de 2018;

vii) **Presentations and Technical scientific publications**

- Team members presented several seminars in congress and technical meetings including the 21st World Congress of Soil Sciences in Rio de Janeiro in August 2018;

Reuniões técnicas

Figura 11



Technical meetings

Figure 11

- O seminário "Instituições de pesquisa, infraestrutura e oportunidades para a colaboração Brasil-Reino Unido" foi apresentado para pesquisadores e professores;
- Publicação de 22 artigos, estando outros em preparação;
- O vídeo sobre "Agropecuária no Cerrado frente às Mudanças Climáticas" foi editado, divulgado no Portal da Em

- Talk after trip to UK: "Research Institutions, Infrastructure and collaboration opportunities between Brazil and United Kingdom, target public researchers and professors;
- 22 technical articles were presented and, some more are being prepared;
- A video was produced, edited and disclosure on Embrapa

brapa e veiculado em rede nacional, via Canais NBR TV e youtube (https://www.youtube.com/watch?v=PllxRwAZhE8&feature=player_embedded).

viii) Organização e promoção de cursos

- Um curso sobre uso de drones na agricultura foi realizado, tendo como público-alvo agentes de multiplicação, estudantes de graduação e pós-graduação e trainees da Embrapa, da UFG e do IFGoiano;
- Dois cursos estão sendo preparados: um sobre o uso de sensores e outro sobre o uso eficiente de nitrogênio, visando técnicos e produtores de arroz no Tocantins.

website, being broadcasted on national television network (NBR TV) and by youtube (https://www.youtube.com/watch?v=PllxRwAZhE8&feature=player_embedded)

viii) Training courses organized

- One training course on the use of drones in annual crops was given to consultants and graduate students.
- Two training courses are scheduled for soon: one about the use of sensors and another one about the NUE for consultants and rice farmers in the State of Tocantins, a neighboring State of Goias

Curso sobre drones

Figura 12



Training course about the use of drones

Figure 12

ix) Intercâmbio entre pesquisadores e estudantes

- Realização de treinamento de curta duração para dois pesquisadores da equipe de Goiás em modelagem de dados com o uso do software Daycent, na University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, UK;
- Intercâmbio de um estudante do IFGoiano e outro da UFG com a University of Nottingham;
- Estudantes brasileiros e britânicos realizaram intercâmbio e coletaram amostras de solos. Em suas pesquisas, realizaram medições de campo e de laboratório para suas teses;

ix) Mobility of scientists and graduate students

- Short term training for two researchers from the Goias team in the use of Daycent model in Sutton Bonington, University of Nottingham;
- Short academic stay of a undergraduate student from the IF Goiano and another one from the UFG in the University of Nottingham;
- Participation of both Brazilian and British team in soil sampling and field/lab measurements;

Apresentação de estudante inglesa em Goiânia

Figura 13



UK Student talk in Goiânia

Figure 13

- Participação de estudantes nos trabalhos de campo.

- Students participation in a fieldwork.

Pesquisador e
estudante na
Fazenda Palmital

Figura 14



Researcher
and student at
Palmital Farm

Figure 14

x) **Transferência de tecnologia: Planejamento e execução de ações para a divulgação dos resultados obtidos pela equipe de Goiás para atores das cadeias produtivas**

- Transmitir resultados para atores das cadeias produtivas, incluindo cientistas, estudantes, assessores agropecuários, agroindústrias, agricultores, formuladores de políticas públicas e outros;

- Produção de materiais de divulgação com linguagem apropriada aos técnicos de extensão rural e produtores, levando-se em conta os perfis socioeconômicos em diversas regiões do Brasil;

- Paralelamente à realização das pesquisas, foi buscado o engajamento dos assistentes técnicos e dos produtores, com o intuito de facilitar as ações de transferência de tecnologia e aumentar a possibilidade de sua adoção;

- Em elaboração dois documentos técnicos, sobre o uso e operação de sensores e outro sobre manejo de nitrogênio e água na produção de arroz irrigado no Tocantins.

b) **Uso da tecnologia de sensores de contato para melhorar a EUN: O objetivo desse PA é viabilizar o uso de sensores para gerenciamento da aplicação de N**

- Realização de pesquisas nos cultivos de arroz irrigado, sorgo sacarino, capim napier e soja, utilizando os sensores portáteis com análises não destrutivas: SPAD, CloroFilog, Dualex, Carta de cores, Fluorômetro (FluorPen FP100X), Sensor de trocas gasosas para plantas (Irga) e Crop Circle, visando correlacionar as leituras obtidas com os níveis de N nas plantas para subsidiar recomendações de doses e épocas de aplicação de N. Os dados estão sendo avaliados, em

x) **Technology transfer: planning and actions undertaken in sharing the results with the actors of the value chain**

- Communication and discussion with consultants, farmers and decision makers involved in public policies;

- Publication of brochures and folders with concise recommendation to consultants and farmers taking into account their social economic profile in different regions in Brazil;

- All research work conducted involved the participation of consultants and farmers in a participatory manner that increased potential adoption of recommendations;

- Two technical documents are about to be published about the use of sensors and about the fertilizer N management in combination with water in irrigated systems in the State of Tocantins.

b) **Use of sensor technology to improve NUE: The objective of this WP is to make feasible the sensor use to manage N use**

- Researchs on flooded rice, sorghum, napier grass and soybeans using portable sensors as SPAD, CloroFilog, Dualex, Leaf color chart, Fluorometer (FluorPen FP100X), Portable photosynthesis systems for gas exchange and chlorophyll fluorescence measurements (Irga) and Crop Circle aiming correlate equipment measurements and N on plant tissue to substantiate N recommendations. The obtained data from Goiás is been evaluated compared to India data, by Aberdeen University and Goiás

parceria com a University of Aberdeen, que fez medições com SPAD e Dualex, na Índia, com expectativa de encontrar correlações entre as leituras, para posterior uso na interpretação de imagens feitas por drones.

Institutions hoping to find similar patterns and, then use all of this with drone images.

Drone
utilizado no
projeto

Figura 15



Drone
used in the
project

Figure 15

Aparelho
utilizado no
projeto

Figura 16



Equipment
used in the
project

Figure 16

c) Produção de arroz irrigado na Região Tropical do Brasil

Os objetivos específicos desse PA são: 1) - Aumentar a EUN na produção de arroz tropical inundado, por meio de aplicação de condicionadores ao solo e da aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais tradicionais e fontes alternativas de N, em quantidade e época apropriadas. 2) Associar a EUN com o manejo de água de irrigação. 3) Aumentar a EUN nos sistemas integrados de produção, principalmente sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). Os experimentos foram conduzidos em três estados. Em Goiás, nas fazendas Palmital e Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizadas, respectivamente, nos municípios de Goianira e Santo Antônio de Goiás. No Tocantins, no município de Formoso do Araguaia, e no estado do Maranhão. A equipe de Goiás, além da preocu-

c) Production of irrigated rice in the tropical central region of Brazil

The specific objectives of this PA are as follows: 1. Increase the NUE with the water management in irrigated rice systems using different mineral N fertilizers, time and amount of application; 2. Associate NUE with water management in irrigated systems; 3. Increase NUE in mixed farming systems such as integrated crop-livestock systems. All experiments were conducted in 3 States: In the State of Goiás the sites were in the Capivara Farm and Palmital Farm located in Goianira and Santo Antonio de Goiás, respectively. In the State of Tocantins, experiments were conducted in Formoso do Araguaia and in the State of Maranhão. The Goiás team was concerned about the evaluation on the crop performance and the environmental services such as soil carbon and nitrogen

pação com a emissão de Gases de Efeito Estufa - GEE e o uso de condicionadores do solo, evidenciou outros aspectos, como exemplo a avaliação da intensificação do uso do solo, o desenvolvimento de tecnologias que visem tornar sustentáveis as atividades agrícolas e pecuárias, incluindo o aumento nos estoques de carbono e de N do solo, o sequestro de carbono, e a melhoria nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo.

accumulation and improvements in soil health as a hole.

Experimentos com arroz irrigado na Fazenda Palmital

Figura 17



Experiments with irrigated rice at Palmital Farm

Figure 17

i) Condução de experimentos para testar novas fontes na produção de arroz irrigado no ambiente tropical do Brasil

- Teste de duas novas fontes de N, com base em ureia e enxofre na forma elementar de sulfato, e produzidas por meio de processo de pastilhamento, testadas contra fonte comercial com e sem enxofre. Resultados indicam que as fontes testadas possuem potencial para diminuir a emissão de GEE por unidade de grãos produzidos. No entanto, até o momento, não há conclusão quanto à eficiência agrônômica e econômica do uso.

i) Experiments to evaluate novel N fertilizers in rice production in Central Brazil

- Novel N fertilizers combining urea and sulphate and in form of compressed grains were tested against conventional N fertilizers with and without S. The novel N fertilizers resulted in less GHG emissions per kg of rice produced, but no evidence was found regarding NUE.

Experimento sobre novas fontes de N

Figura 18



Experiment on new sources of N

Figure 18

ii) **Condução de experimentos de manejo da água de irrigação associada à EUN**

- Observou-se que o decréscimo da oferta de água pode aumentar a EUN e aumentar a produtividade do arroz.

ii) **Experiments on management of irrigation associated with NUE**

- The offer of less water may increase NUE and increase rice yield.

Experimento na Fazenda Palmital

Figura 19



Experiment on the Palmital Farm

Figure 19

iii) **Condução de experimentos utilizando o biochar, como condicionante de solo, na produção de arroz irrigado e feijão em ambiente tropical do Brasil:**

a) Foi utilizado o biochar proveniente de casca de arroz queimada, na dose de 21 toneladas por hectare. Foi medida a volatilização de NH_3 , a disponibilidade de NH_4 e NO_3 na solução do solo e avaliada a emissão de N_2O , CH_4 , bem como a disponibilidade de N total nos grãos e nas plantas; b) Foram conduzidos experimentos para caracterizar o efeito da interação entre doses de biochar, N sintético e fixação biológica de N: Experimento foi conduzido, por dois anos, em área de produção de feijoeiro irrigado, onde o biochar foi aplicado como condicionador de solo uma vez, há nove anos (em junho de 2009). Resultados do experimento estão em análise para publicação de artigo científico em 2019. Parte dos resultados foram publicados nos Anais do Seminário “Agropecuária no Cerrado frente às Mudanças Climáticas”, em 2017.

iii) **Experiments on biochar and its effect on N dynamics in rice and common bean production:**

- a) Biochar based on burned rice husks were applied and NH_3 volatilization, ammonium and nitrate in soil solution were measured combined with N_2O and CH_4 emission.
- b) Experiments were conducted to characterize the interaction of biochar, mineral N fertilizer and N biological fixation on irrigated common bean production.

Experimentos com arroz irrigado na Fazenda Palmital

Figura 20



Experiments with irrigated rice at Palmital Farm

Figure 20

iv) **Condução de experimentos utilizando agentes biológicos e fixadores de nitrogênio na produção de arroz no estado do Maranhão**

- Foram realizados ensaios em condições de campo para avaliar a eficiência dos microrganismos fixadores de N. O ensaio foi constituído por tratamentos com aplicação de microrganismos na semente.

iv) **Experiments on biological components and inoculants for N fixation in rice production systems in the State of Maranhão**

- Field trials were performed to evaluate the efficiency of N-fixing microorganisms. The test consisted of treatments with application of microorganisms in the seed.

Experiments with biological agents in Maranhão

Figura 21



Experiments with biological agents in Maranhão

Figure 21

v) **Emissão de GEE na produção de arroz de sequeiro em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) em ambiente tropical do Brasil**

- Foi determinado o estoque de carbono no solo e feito o balanço da emissão de GEE em ILP. As emissões de CO₂ e N₂O foram medidas por meio de sensores micrometeorológicos (Trace Gases Analyser - TGA), com o Eddy Covariance - LI7000. Para o CH₄ estão iniciando;

- Ficou evidenciado o potencial do sistema integrado na mitigação de N₂O e de CO₂, além do aumento no estoque de carbono no solo. O resultado do trabalho foi apresentado como pôster, intitulado "Mixed farming systems as potential carbon sinks" na International Conference on Negative CO₂ Emissions, 22-24 May 2018, Chalmers University of Technology.

v) **Greenhouse gas emissions in upland rainfed rice in integrated crop-livestock systems were measured**

- Equivalent CO₂ balance was determined in an integrated crop-livestock system with upland rainfed rice in rotation with soybean and palissade grass.

- Mixed farming systems with crop and pasture in rotation lead to a negative CO₂ and N₂O emission with soil carbon accumulation at depth.

- A paper was presented at the International Conference on Negative CO₂ Emissions, 22-24 May 2018, Chalmers University of Technology.

Analizador de gases traço TDLAS-TGA200

Projetos principais

Fomento

Método do fluxo-gradiente

$$F_{N_2O} = -K \frac{dC_{N_2O}}{dz}$$

TDLAS-TGA200 (Campbell Sci., Logan, UT)
Embrapa Arroz e Feijão,
Santo Antônio de Goiás, GO

Trace Gases Analyser - TGA

Figure 22

Conclusões

A equipe de Goiás atingiu o objetivo relacionado às tecnologias para aumento da EUN pelas plantas, o que propicia economia de recursos econômicos e ambientais. Os objetivos específicos atendidos foram: a) Novos entendimentos sobre fontes alternativas de N e aumento da EUN associados ao manejo de água em arroz irrigado; b) Sincronização entre as necessidades de N com a utilização de sensores; c) Realização de workshops e outros eventos de divulgação; d) Contribuições para a intensificação agrícola sustentável; e) Sinergia dos trabalhos entre instituições de pesquisa dentro do estado de Goiás e consolidação de uma rede de trabalho ampla com universidades do Reino Unido, evidenciado pelo compartilhamento de equipamentos com tecnologia de última geração existentes nos laboratórios daquele país, para a realização de análises de materiais brasileiros, com importantes contribuições na elucidação de questões relacionadas à EUN no Cerrado brasileiro e treinamento e formação de novos cientistas.

Principais desafios e sugestões para a continuidade do Nucleus

Considerando o nível técnico dos resultados obtidos e o potencial destes em causar impactos importantes nas cadeias produtivas, sugere-se que a equipe de Goiás trabalhe até o prazo final do projeto, agosto de 2019, conforme a Fapeg, no processamento e análise dos dados e condução de mais um ano agrícola, para a validação e posterior publicação de artigos técnicos e científicos para subsidiar o desenvolvimento de políticas públicas nacionais para uma agricultura sustentável. Dessa forma, as entregas comprometidas no escopo do projeto, atribuídas à equipe de Goiás, serão alcançadas em sua integridade, notadamente as questões relacionadas à adoção de inovações com as cadeias produtivas, principalmente com os ambientes organizacionais e institucionais, bem como a divulgação dos resultados para usuários finais.

No caso de novos projetos, a sugestão é que sejam feitas parcerias específicas, considerando a afinidade e a complementariedade nas linhas de pesquisa. Sugere-se, ainda, o fortalecimento do relacionamento com os atores da cadeia produtiva, com o engajamento dos assistentes, dos técnicos e dos produtores, com o propósito de facilitar as ações de transferência e adoção

Conclusions

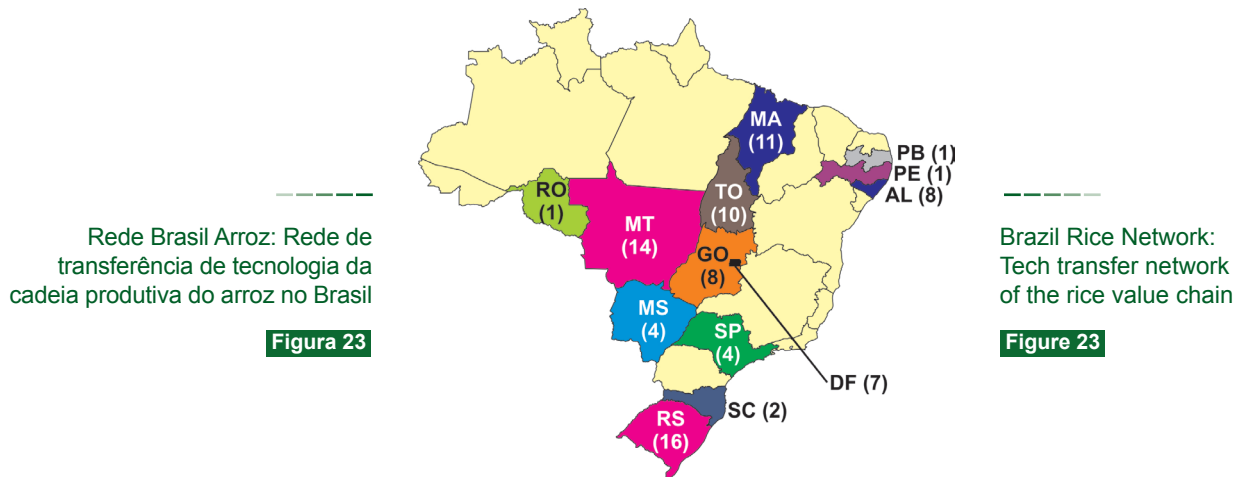
The Goiás' team has accomplished their objectives related to technologies for the increase in NUE enabling lower production costs and more environmental protection. Specific objectives were also accomplished: a) Alternative mineral N fertilizers adjusted to the water management in irrigated rice systems; b) Advancements in plant diagnosis for efficient use of N with a more versatile and precise method allowing economical and environmental benefits; c) Organization of workshops, field days and training courses; d) Contribution to sustainable intensification; e) Engagement and synergy of different R&D institutions and universities in the State of Goiás in collaboration with UK scientists led to remarkable knowledge advancements, sharing methods of analysis and state-of-the-art instruments to address issues related to the NUE including education of younger scientists.

Main challenges for the continuity of Nucleus

Based on the high level of the results and the positive perspectives to cause an impact in the value chain, we strongly recommend that the Goiás Team continue the evaluation for another crop season, ie August 2019 as planned with FAPEG. This will allow us to validate the results and provide us with good scientific foundations to public policies nationwide. Hence, the project deliveries of the research project will be reached in integrity, particularly on issues related to adoption by farmers and stakeholders in the value chain.

If new projects are envisaged, we suggest specific partnerships taking into account complementarity in research lines. We also suggest strengthening the cooperation among actors of the value chain with involvement of consultants and extensionists with farmers for a more efficient tech transfer process. Soon after results are validated existing networks such as the Brazil Rice Network which encompasses strategic alliances with 87 public and private organizations representing key components of the rice value chain in Brazil. Figure 23 shows the distribution of the amount of institutions in each Brazilian State linked to the network.

de tecnologia. À medida que os resultados forem validados e consolidados, serão utilizadas parcerias previamente estabelecidas pela Rede Brasil Arroz, que conta com alianças estratégicas com 87 instituições públicas, privadas e organizações representativas de segmentos da cadeia produtiva de arroz, no Brasil. Encontram-se na Figura 23 os Estados da Federação em que a rede está ativa, bem como o número de instituições participantes.



Agradecimentos

- Aos gerentes das instituições envolvidas
- Ao pessoal de campo, membros essenciais da equipe para a condução dos experimentos
- Aos colegas parceiros das instituições de outros estados e do Reino Unido
- Ao pessoal do Núcleo de Comunicação da Embrapa Arroz e Feijão
- Às agências de desenvolvimento, em especial à FAPEG
- Aos membros da equipe de Goiás pela amizade, cooperação e compromisso.

Créditos

Essa pesquisa faz parte do Projeto Nucleus que é uma rede de estudos formada por instituições de ensino, pesquisa e extensão do Reino Unido (The University of Nottingham, University of Aberdeen, Bangor University e Rothamsted Research) e do Brasil (Universidade de São Paulo - USP, Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp, Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Universidade Estadual do

Acknowledgment

- To the managers of the institutions involved
- To the field staff, essential team members to conduct the experiments
- To fellow colleagues from institutions in other states and the United Kingdom
- To the staff of Embrapa Rice and Beans Communications
- Funding agencies, in particular FAPEG
- To members of the Goiás team for friendship, cooperation and commitment.

Credits

This work was undertaken as part of Nucleus: a virtual joint center to deliver enhanced NUE via an integrated soil-plant systems approach for the United Kingdom and Brazil. Funded in by Brazil by Fapesp-Sao Paulo Research Foundation, Fapeg- Goiás Research Foundation, and Fapema- Foundation for Research and Scientific and Technological Development of Maranhão; and in the United Kingdom by BBRSC/Newton Fund.

Maranhão - Uema, Instituto Federal Goiano - IF-Goiano, Universidade Federal de Goiás - UFG e Embrapa Arroz e Feijão). O projeto visa aprimorar a eficiência de uso do nitrogênio (EUN), por meio da ampliação, compreensão e superação das lacunas de conhecimentos sobre aspectos agrônômicos, melhorando a sincronia entre a disponibilidade de N do solo em quantidade adequada e a necessidade das plantas, mediante uma abordagem integrada de sistemas-solo-planta. No Brasil, o projeto é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Fapesp, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - Fapeg e pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - Fapema, e no Reino Unido pelo BBRSC/Newton Fund.

Autores

Carlos Magri Ferreira

Engenheiro Agrônomo, doutor em Desenvolvimento sustentável, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, carlos.magri@embrapa.br

Mellissa Ananias Soler da Silva

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Márcia Thaís de Melo Carvalho

Carlos Ribeiro Rodrigues

Alberto Baêta dos Santos

Alexandre Bryan Heinemann

Virginia Damin

Gustavo Castoldi

Beáta Emöke Madari

Rilner Alves Flores

Unidade Responsável pelo conteúdo e edição

Comitê de Publicações
da Embrapa Arroz e Feijão

Presidente

André Ribeiro Coutinho

Secretário-Executivo

Tereza Cristina de Oliveira Borba

Membros

Aluísio Goulart Silva, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Fábio Fernandes Nolêto, Luiz Roberto Rocha da Silva, Luciene Fróes Camarano de Oliveira, Luís Fernando Stone, Márcia Gonzaga de Castro Oliveira, José Manoel Colombari Filho, Roselene de Queiroz Chaves

Authorship

Carlos Magri Ferreira

Agricultural Engineer, PhD in Sustainable Development, analyst at Embrapa Rice and Beans, Santo Antônio de Goiás, GO, carlos.magri@embrapa.br

Mellissa Ananias Soler da Silva

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Márcia Thaís de Melo Carvalho

Carlos Ribeiro Rodrigues

Alberto Baêta dos Santos

Alexandre Bryan Heinemann

Virginia Damin

Gustavo Castoldi

Beáta Emöke Madari

Rilner Alves Flores

Unit Responsible for content and editing

Publication Committee of the
Embrapa Rice and Beans

President

André Ribeiro Coutinho

Executive Secretary

Tereza Cristina de Oliveira Borba

Members

Aluísio Goulart Silva, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Fábio Fernandes Nolêto, Luiz Roberto Rocha da Silva, Luciene Fróes Camarano de Oliveira, Luís Fernando Stone, Márcia Gonzaga de Castro Oliveira, José Manoel Colombari Filho, Roselene de Queiroz Chaves



Embrapa



UNIVERSITY OF ABERDEEN



The University of Nottingham

UNITED KINGDOM · CHINA · MALAYSIA



ROTHAMSTED RESEARCH



USP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO



Apoio Financeiro/Financial Support

