

Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF

A PESQUISA DE ARROZ NO BRASIL NOS ANOS 80: avaliação crítica dos principais resultados

IV REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ

4 a 8 de junho de 1990

Goiânia, GO

Apoio: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**GOIÂNIA
1994**

**AVALIAÇÃO CRÍTICA DOS PROJETOS DO PNP-ARROZ NA ÁREA DE
FERTILIDADE DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, NO PERÍODO DE
1980 A 1989: REGIÕES CENTRO-OESTE, NORTE E NORDESTE**

Morel Pereira Barbosa Filho⁽¹⁾

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção de grãos, nos níveis previstos pelo governo, de 70 milhões de toneladas para 97 milhões, dentro de cinco anos, dependerá, principalmente, do incremento da produtividade obtida nas áreas cultivadas atualmente. Para tanto, a contribuição da pesquisa na área de fertilidade de solos e nutrição de plantas deve ser bastante significativa, desde que outros fatores associados à produção sejam controlados. Há que ser revelado, no entanto, que a análise dos resultados de pesquisa nesta área, extraídos dos projetos integrantes do PNP-Arroz, das Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, indica que houve muito pouco avanço nos últimos dez anos, do ponto de vista da aplicabilidade desses na agricultura.

A distribuição dos projetos, conforme os temas de pesquisa enfocados, é apresentada na Tabela 1. Esta informação permite identificar a concentração de esforços e o potencial das unidades de pesquisa das referidas regiões, na área de fertilidade de solo e nutrição de plantas. Constata-se uma predominância de projetos visando obter respostas da cultura a doses de NPK, especialmente

⁽¹⁾ Pesquisador, EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 74001-970 Goiânia, GO.

nas Regiões Norte e Nordeste. Na Região Centro-Oeste, especificamente no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), as pesquisas concentraram-se na avaliação de genótipos para adaptação às condições adversas de solo. Por outro lado, mais recentemente, tem se notado esforços direcionados para a área de manejo da fertilidade do solo, com o objetivo de integrar várias práticas culturais, tais como: calagem, gessagem, adubação e rotação de culturas.

Encontram-se em andamento, atualmente, nove projetos de pesquisa (Tabela 2). No CNPAP, estão sendo desenvolvidos sete: três, na área de manejo da fertilidade do solo; um, de caracterização física e química dos solos de várzea; um, de controle da toxidez por ferro; um, de "screening" de cultivares para tolerância a níveis altos de ferro, na solução do solo; e ainda, um, sobre absorção de nitrogênio com auxílio do isótopo N 15. Quanto aos outros dois projetos em andamento, um é executado pela Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA), voltado ao estudo de doses e modo de aplicação de gesso, e o outro, de responsabilidade da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) de Porto Velho, refere-se a avaliação de respostas a NPK e seus efeitos quanto a resistência à brusone. Em ambos os projetos, as pesquisas tratam da cultura do arroz de sequeiro.

Se, por um lado, o avanço tecnológico, na década de 80, na área de fertilidade de solos e nutrição do arroz foi pequeno, por um outro, o número de trabalhos científicos publicado pode ser considerado significativo. A Tabela 3 mostra que, nesse período, foi publicado um total de 70 documentos, cuja maioria foi divulgada sob a forma de artigos técnico-científicos, em revistas especializadas, nacionais e internacionais.

Para apresentar uma retrospectiva da contribuição da pesquisa, na área de fertilidade de solos e nutrição do arroz, desenvolvida nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, na

solução dos problemas que ocorrem nesta cultura, procurou-se destacar as instituições envolvidas e os resultados obtidos, analisando-os criticamente quanto à sua praticabilidade e adoção.

Além disso, tendo em vista os novos rumos da ciência e as dificuldades financeiras em que se encontra o País, procurou-se estabelecer, tentativamente, novas prioridades e linhas de pesquisa para serem implementadas a partir de 1990. Para tanto, considera-se de fundamental importância a formação de uma massa crítica de pesquisadores para desenvolver um programa com linhas de pesquisa, metas e objetivos bem definidos, diferentemente do que foi realizado na década passada. Entende-se que somente assim será possível obter resultados mais consistentes e de aplicabilidade mais rápida.

2. RESULTADOS OBTIDOS NOS PROJETOS DE PESQUISA

2.1. SCREENING

De 1980 até 1985/86, foram avaliadas 537 cultivares/linhagens de arroz para as condições adversas de solo, como deficiência de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, toxidez por alumínio em arroz de sequeiro, toxidez por ferro e salinidade em arroz irrigado.

2.1.1. Deficiência de Nitrogênio

Em 1980/81, foram avaliadas 60 cultivares/linhagens de arroz irrigado quanto a eficiência da utilização de nitrogênio. Os resultados evidenciaram diferenças entre as cultivares; 15 mostraram-se eficientes e responsivas, com eficiência variando de 26 a 67 kg de grãos por kg de N aplicado. Outras 13 foram classificadas como eficientes, mas não-responsivas, podendo ser

utilizadas pelos produtores que não dispõem de condições para fazerem uso de fertilizantes nitrogenados, desde que apresentem outras características desejáveis do ponto de vista comercial. Caso contrário, deveriam ser incluídas nos programas de melhoramento.

2.1.2. Deficiência de Fósforo

Para verificar a possibilidade de obtenção de cultivares tolerantes a baixos níveis de fósforo, foram avaliadas, em condições de campo, 167 cultivares/linhagens de arroz de sequeiro, tendo sido selecionados como desejáveis 79 materiais.

Em outros experimentos, realizados em casa de vegetação e em nível de campo, foram testados mais 117 materiais.

Da mesma forma que no caso do nitrogênio, as cultivares/linhagens selecionadas como tolerantes a baixo nível de fósforo, devem ser utilizadas dentro de um programa de melhoramento dirigido para essa finalidade. Cabe ressaltar, porém, que trabalhos dessa natureza podem não apresentar resultados práticos, se não for comprovada a existência do patrimônio genético responsável por tal característica, quer seja, a de apresentarem altas produções em solos com baixo nível de nitrogênio ou fósforo.

2.1.3. Toxidez por Alumínio

Em 1981/82, foi realizado um ensaio para avaliar 30 cultivares de arroz de sequeiro, quanto ao efeito do alumínio na absorção de nutrientes, e para determinar o nível crítico desse elemento na planta. Todos os nutrientes tiveram sua absorção reduzida, à medida em que aumentava a concentração de alumínio na solução nutritiva (0, 10, 20, 40 e 60 ppm). O nível crítico de

toxidez por alumínio na parte aérea das plantas, aos 21 dias de idade, variou, de uma cultivar para outra, de 100 a 417 ppm.

Um outro ensaio, também conduzido em solução nutritiva (0, 10, 30, 40 e 60 ppm de Al), evidenciou que a cultivar EEA 304, considerada tolerante ao alumínio, absorveu mais fósforo do que a CICA 4, tida como cultivar sensível àquele elemento.

Foram estudados, ainda, os efeitos de cinco concentrações de alumínio, em solução nutritiva, sobre o crescimento e a composição química de seis cultivares de arroz de sequeiro (IAC 1131, Fernandes, Matão, IPEACO 562, IRAT 2 e IPEACO 162). A cultivar mais tolerante ao alumínio foi a Fernandes, enquanto que a mais sensível, devido o peso de matéria seca, foi a IPEACO 562. Comparada às outras cinco, a cultivar Fernandes foi também a que absorveu mais fósforo e menos alumínio.

Em dois anos, foram selecionadas, na UEPAE de Porto Velho, as linhagens CNA 4120 e CNA 4107, com alta adaptabilidade às condições de altos níveis de alumínio. Não obstante, o estudo de tais linhagens não teve continuidade dentro do programa de melhoramento.

2.1.4. Toxidez por Ferro

Dentro do projeto de avaliação de cultivares/linhagens para condições adversas de solo, foram avaliados 159 materiais de arroz, em solução nutritiva, para toxidez por ferro. A avaliação foi feita aos 35 dias após o transplântio, com base no peso de matéria seca da parte aérea. Dentre as cultivares, a CICA 8 e a METICA 1 foram consideradas, respectivamente, moderadamente sensível e sensível ao ferro. Já a linhagem CNA 796019 foi selecionada como tolerante e as linhagens CNA 4, CNA 4911, CNA 4897, CNA 4918, CNA 4982 e CNA 4988 consideradas moderadamente tolerantes ao ferro.

2.1.5. Salinidade

Visando identificar materiais tolerantes à salinidade, muito comum em certas regiões do Nordeste, foram avaliadas, em condições de vaso e bandejas de plástico (30 x 45 x 8 cm), 162 cultivares/linhagens, em 1981, e 54, em 1983. Com base na porcentagem de folhas mortas, produção de matéria seca, aos 35 dias após o transplante, as cultivares foram classificadas em tolerante, moderadamente tolerante, moderadamente susceptível e susceptível. Dentre as cultivares/linhagens avaliadas em 1981 (162), 11% foram tolerantes a uma condição de solo salino de condutividade elétrica de 16,8 mmhos/cm a 25°C. Já no ensaio de 1983, das 54 cultivares/linhagens testadas, cerca de 50 foram classificadas como tolerantes, em valor de condutividade elétrica de 5 dSm-1, e apenas uma, na condutividade elétrica de 10 dSm-1. Destaca-se que todas as cultivares/linhagens foram susceptíveis na condutividade elétrica de 15 dSm-1.

Os projetos cujo objetivo era avaliar cultivares/linhagens quanto à tolerância à toxidez por ferro, alumínio e à salinidade e à eficiência de utilização de nitrogênio e fósforo, foram encerrados por considerar que a disponibilidade de fontes já era suficiente para suprir o programa de melhoramento. Contudo, tais fontes não foram utilizadas nesse programa com vistas a incorporação das características de tolerância às cultivares agronomicamente promissoras. Para se obter resultados aplicáveis à agricultura, julga-se necessária a continuidade deste trabalho nos programas de melhoramento do CNPAF ou nos de outras unidades de pesquisa de regiões para as quais a pesquisa foi dirigida. Do ponto de vista da pesquisa como um todo, no entanto, o projeto gerou inúmeras informações, principalmente no que se refere aos aspectos metodológicos.

Apesar de a pesquisa ter evidenciado, mais recentemente, a existência de variação genética, quanto à eficiência no uso de

nutrientes ou à tolerância a níveis tóxicos, ainda não foram estabelecidos parâmetros que possibilitem discriminar, com certo grau de segurança, as diferenças entre cultivares eficientes e ineficientes.

Fica claro, com isso, que as metodologias adotadas nos projetos de avaliação de cultivares, sejam para tolerância à toxidez ou para baixa fertilidade, não são totalmente confiáveis. Em condições de campo, muitos fatores podem interferir na produção e na absorção de nutrientes. A alta incidência de brusone, a ocorrência de veranico e o "stand" no campo comprometeram os resultados obtidos e divulgados até o momento. Em condições de solução nutritiva, os inconvenientes são ainda maiores, uma vez que o sistema radicular estará se desenvolvendo em meio artificial. Além disso, por não haver critérios para a escolha de cultivares, são avaliadas, em um mesmo ensaio, cultivares de arroz de sequeiro e irrigadas, de ciclos diferentes.

A metodologia aplicada para seleção de cultivares tolerantes a níveis altos de alumínio consiste em submeter diferentes cultivares à presença e à ausência de calcário. Tal procedimento apresenta alguns inconvenientes, porque os dois ambientes criados para o desenvolvimento das plantas são muito diferentes. Por conseguinte, não apenas as questões afetas ao alumínio seriam diferentes, como também a atividade microbiológica, o teor de fósforo e os níveis de cálcio e magnésio. Em última instância, a avaliação de cultivares não seria específica para tolerância ao alumínio, abrangeria, igualmente, outros elementos, como o cálcio, magnésio, fósforo e, provavelmente, devido a decomposição da matéria orgânica na área tratada com calcário, incluiria, até mesmo, o nitrogênio e o enxofre.

Isso posto, faz-se necessário a confirmação das respostas das cultivares tidas como eficientes na extração de fósforo do solo e daquelas reconhecidas como tolerantes a níveis altos de

ferro, alumínio e sais. Além disso, há que ser comprovada a existência de mecanismos, ou patrimônio genético, responsáveis por essas características, dado que sem esse conhecimento não se justifica a continuidade de pesquisas dessa natureza.

Em solos ácidos e pobres, como os da região dos cerrados, onde o alumínio interfere desfavoravelmente no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, não parece razoável acreditar que a tolerância a esse elemento constitua-se em um fato que, por si só, possa resolver o problema da baixa fertilidade. Nesse caso, recomenda-se, como solução para a acidez do solo, o uso do calcário, que, além de neutralizar a acidez, constitui, também, uma fonte de cálcio e magnésio de custo ainda muito baixo.

2.2. MANEJO DA FERTILIDADE

Neste item estão inclusos os projetos que visaram a caracterização química dos solos, as práticas de controle de deficiências ou toxidez e a recuperação da fertilidade dos solos, através da calagem, fosfatagem, adubo verde e rotação de culturas.

2.2.1. Determinação de Doses de NPK

Desde 1980, foram conduzidos, nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, 19 ensaios de arroz irrigado e seis de sequeiro, cujo objetivo principal foi determinar as doses de NPK mais adequadas para esta cultura e as possíveis interações entre tais nutrientes.

Em Dourados (MS), foram conduzidos três ensaios de nitrogênio e fósforo, resultando em efeito linear para os dois nutrientes. Não foi possível, portanto, precisar a dosagem para que fosse obtido o máximo rendimento e, conseqüentemente, nem as doses mais recomendáveis de nitrogênio e fósforo para o arroz

irrigado naquelas condições. Geralmente, isso ocorre porque os níveis de nutrientes não são delimitados adequadamente.

Cinco ensaios de NPK e micronutrientes foram conduzidos em diferentes locais do Estado de Goiás. As respostas do arroz ao NPK foram variáveis. O elemento que contribuiu mais significativamente para a produção do arroz irrigado foi o nitrogênio. Em média, o acréscimo de rendimento foi de 29%, que na época, 1981, superou em cerca de 47% a média obtida pelo produtor. Foi estabelecida a dose de 60 kg de N/ha e definido o parcelamento de 25-30%, na base, e o restante, em cobertura, por ocasião do primórdio floral. A resposta ao fósforo e potássio foi inexpressiva, provavelmente, porque as áreas de várzeas selecionadas eram de média a alta fertilidade. Para que trabalhos dessa natureza atinjam plenamente os seus objetivos é imperativo que o solo seja analisado previamente, para que se possa estimar a probabilidade de resposta da cultura aos nutrientes.

Em Vilhena (RO), foram instalados, em 1985, dois ensaios de NPK em arroz de sequeiro. No primeiro, a produção geral foi muito baixa e, devido a intensa ocorrência de doenças, principalmente de brusone nas folhas, os dados não apresentaram consistência. Por essa razão, foi instalado outro ensaio no ano seguinte, 1986/87, cujos resultados foram comprometidos pela severa incidência de mancha-parda nos grãos e, novamente, pela ocorrência moderada de brusone nas folhas. Nessas condições, a produção máxima, 1952 kg/ha, foi obtida com a dose de 30-90-80 kg de N-P₂O₅-K₂O/ha, respectivamente.

Ainda no Estado de Rondônia, nos municípios de Porto Velho e Vilhena, foi estudada, durante dois anos, a interação calcário x fósforo sobre o rendimento da cultivar de arroz de sequeiro IAC 165. Para o Norte do Estado foi recomendada a aplicação de 3 t de calcário/ha e 60 kg de P₂O₅/ha, em latossolo amarelo textura argilosa. Para a região de Vilhena, latossolo vermelho-amarelo de cerrado, recomendou-se 120 kg de P₂O₅/ha e 2 t de calcário/ha.

No Estado do Maranhão, em Bacabal e Pinheiro, foram conduzidos, pela Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (EMAPA), dois ensaios, por dois anos, sendo um de níveis de nitrogênio e o outro de P_2O_5 . Em Bacabal, o ensaio foi prejudicado por um problema grave de acamamento ocorrido nos dois anos, para o qual não foi registrada nenhuma explicação no respectivo relatório. Quanto ao ensaio no município de Pinheiro, os resultados obtidos no primeiro ano revelaram que, com a aplicação de 125 kg de N/ha e de 150 kg de P_2O_5 /ha, foram produzidos, respectivamente, 4021 kg/ha e 3975 kg/ha de grãos. No segundo ano, aplicando-se os mesmos níveis de N e P_2O_5 , as produtividades foram de, respectivamente, 4543 kg/ha e 3683 kg/ha. Não obstante estes terem sido os resultados relatados, uma análise mais apurada dos dados indica que a mesma produção de grãos foi alcançada com 70 kg de P_2O_5 /ha e 40 kg de N/ha. Além disso, no experimento de doses de P_2O_5 foram produzidos 4,3 t/ha com 30 kg de P_2O_5 /ha e 40 kg de N/ha.

É de suma importância o momento da definição dos procedimentos metodológicos que serão adotados para o desenvolvimento de um projeto de pesquisa. Nesse sentido, vale ressaltar que para o caso da pesquisa mencionada no parágrafo anterior não havia necessidade da instalação de dois ensaios, um com nitrogênio e outro com P_2O_5 . Se o nitrogênio e o fósforo tivessem sido estudados em único ensaio (interações N x P), um número maior de informações estaria disponível para aquelas condições. Igualmente ao que ocorreu com o projeto conduzido em Rondônia, sobre a interação calcário x fósforo, os ensaios foram realizados em dois anos no mesmo local; assim, é aconselhável fazer uma análise conjunta dos dados.

Em um outro projeto, de responsabilidade da EMAPA, foram programados quatro ensaios para avaliar a resposta de uma cultivar de arroz irrigado, a CICA 7, ao NPK. Dois ensaios, que seriam instalados na época das chuvas, por problemas de

infra-estrutura e de enchentes, deixaram de ser realizados. Os resultados obtidos dos outros dois, instalados na época da seca, mostraram que a CICA 7 não respondeu às aplicações de fósforo nem às de potássio, o que era de se esperar, dado que a análise daquele solo indicou que o mesmo era bem suprido quanto a estes nutrientes. É preciso considerar, ainda, que um único ensaio, instalado em um só local, não resultará em informações suficientes para o estabelecimento de curvas de resposta para fins de recomendação. Os ensaios devem ser repetidos, no tempo e no espaço, em solos diferentes, previamente escolhidos.

A inobservância de tal orientação metodológica foi verificada também no projeto apresentado, em 1982, pela Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), que realizou apenas um ensaio, em um local somente, para estabelecer os níveis ideais de PK e zinco para o cultivo do arroz irrigado em São Gonçalo (PB). Como os resultados não mostraram diferenças estatísticas entre tratamentos, a explicação encontrada foi que os teores de fósforo e potássio disponíveis naquele solo eram adequados à cultura.

Deve ser esclarecido que todos esses desacertos metodológicos, como outros tantos apontados ao longo deste trabalho, são considerados exemplos oportunos para chamar a atenção da equipe avaliadora de projetos submetidos ao PNP-Arroz para a necessidade de se considerar a possibilidade de êxito de cada projeto de pesquisa, levando em conta a infra-estrutura disponível na unidade para a execução da pesquisa proposta e o preparo técnico do coordenador e/ou da equipe co-responsável pelo projeto.

Em Roraima, foram conduzidos dois ensaios: um de resposta do arroz de várzea ao NPK, e outro de resposta ao calcário e ao zinco. Ambos os ensaios foram instalados por três anos e sempre em área nova, ou seja, de primeiro ano de cultivo, em solo gley pouco húmico. As respostas da cultura ao NPK foram diferentes a

cada ano, o que sugere a necessidade dos dados serem analisados conjuntamente para se poder recomendar doses adequadas. Nos três anos de execução da pesquisa, o nutriente identificado como o mais limitante da produção foi o fósforo, tendo sido verificado que na sua ausência não houve produção. Por outro lado, o elemento responsável por acréscimos substanciais na produção foi o nitrogênio, especialmente com a aplicação de doses mais elevadas de P_2O_5 . As doses mais vantajosas de nitrogênio, P_2O_5 e K_2O , para uma produção de 4439 kg/ha de grãos, foram, respectivamente, de 100, 150 e 200 kg/ha. Embora o ensaio de calagem, no primeiro ano, tenha sido prejudicado por problemas de irrigação em propriedade particular, o arroz respondeu ao calcário na dose de até 2 t/ha.

Em área da UEPAE de Macapá (AP), foi conduzido, por dois anos, um ensaio para estabelecer níveis econômicos de adubação NPK para o arroz de sequeiro. No primeiro ano, em 1982/83, os resultados foram prejudicados devido a ocorrência de veranico, à alta incidência de doenças nas folhas e grãos, principalmente helmintosporiose, como também ao ataque da broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*). Já em 1983/84, quando a média de produção de arroz no Estado do Amapá era de 900 kg/ha, as produtividades obtidas no ensaio variaram de 1522 a 3479 kg/ha, sendo a maior produtividade alcançada com 75-150-135 + 10 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O + Zn, respectivamente. De acordo com o relatório apresentado pela unidade de pesquisa, ainda que as produtividades tenham sido superiores à média do Estado, as doses de NPK empregadas no ensaio não ofereceram retornos econômicos compensadores. Provavelmente, essa constatação seja justificada pelo custo elevado dos fertilizantes na região. A análise de solo da área desse ensaio indicou: pH 4,8; 1 ppm de P; 0,5 meq/100 g de Al; e apenas 0,7 meq/100 g de Ca + Mg; evidenciando, portanto, que a calagem deveria ser obrigatória, dado que esta prática resulta em um expressivo aproveitamento do NPK pelas culturas.

Conseqüentemente, com toda certeza, se o solo tivesse sofrido a correção necessária, os resultados derivados desse projeto seriam mais favoráveis que os obtidos.

No Estado de Alagoas, mais especificamente em Penedo, Propriá e na área do projeto Betume, na região do Baixo São Francisco, foram instalados seis ensaios, com os objetivos de estabelecer faixas de teores baixo, médio e alto de fósforo e determinar a dose de P_2O_5 para o arroz irrigado, considerando a disponibilidade do fósforo no solo. Em todos os locais não houve resposta à aplicação do fósforo, embora os teores deste elemento no solo fossem de 3,3 ppm. Esse fato leva à suposição de que ou houve uma liberação de fósforo pela inundação do solo ou os extratores usados (Mehlich e Bray 1) não discriminaram o seu teor no solo.

Em Parnaíba, no Piauí, por dois anos, buscou-se, em vários ensaios, determinar os níveis ideais de NPK para a cultura do arroz irrigado. Por razões não especificadas no relatório do projeto, dois ensaios foram perdidos no segundo ano. Em outros ensaios, a maior produtividade, de 6933 kg/ha, foi obtida com a dose de 120-60-40 kg/ha de N- P_2O_5 - K_2O , respectivamente. Neste tratamento houve acamamento, como era de se esperar, com 120 kg/ha de N. No tratamento testemunha (sem adubo), a produtividade do arroz foi de 2526 kg/ha. Quando se analisa o efeito isolado de cada nutriente, observa-se que o nitrogênio foi o que mais contribuiu para o aumento da produção de grãos.

2.3. PARCELAMENTO DE POTÁSSIO

Nem todos os objetivos propostos no projeto de avaliação das necessidades de adubação potássica para a cultura do arroz foram alcançados. Ainda assim, ao se analisar os resultados derivados do mesmo, pode-se extrair informações importantes de aplicação direta na agricultura. Como prova disto, destaca-se que foi

definido que o parcelamento é a técnica mais correta para se aplicar potássio na cultura do arroz, tanto irrigado como de sequeiro. Foram determinadas, também, as doses de K_2O para esta cultura: 60 kg/ha, no sistema de sequeiro, e 90 kg/ha, no irrigado.

Algumas das informações relatadas neste projeto, por outro lado, serviram para a confirmação de dados existentes na literatura; tais como: o nível crítico de potássio na planta varia de 2,2 a 2,5% e a lixiviação do potássio é tanto maior quanto menor for a capacidade de troca catiônica (CTC) e mais arenoso for o solo. Sobre uma outra informação obtida, referente à exportação do potássio, já se sabe que a maior parte, cerca de 80% deste elemento, permanece na palha; daí, a importância da prática de incorporação dos restos culturais ao solo.

Nos ensaios de arroz de sequeiro, as produtividades médias de cinco anos foram de 1258 kg/ha, no tratamento sem potássio, e de 1473 kg/ha, com a aplicação de 150 kg de K_2O /ha. Pode-se constatar, portanto, que os níveis de produtividades obtidos não foram muito maiores que aquele alcançado no País, nesse tipo de cultivo, de 1340 kg/ha. Quanto ao arroz irrigado, a média de quatro anos indicou produtividades de 5307 kg/ha, nas áreas onde não se utilizou potássio, e 5932 kg/ha, onde foram aplicados 200 kg de K_2O /ha. Tem-se, assim, que o aumento de produtividade, devido ao uso de potássio, foi de 12%.

As respostas ao parcelamento de potássio variam conforme a cultivar empregada, as condições climáticas e as características físicas e químicas do solo. Levando-se em conta tal variação, recomenda-se que os resultados supracitados não sejam considerados conclusivos.

2.4. MICRONUTRIENTES

Para o arroz de sequeiro, foram estudados os efeitos de três micronutrientes, zinco, cobre e boro, enquanto que para o irrigado as pesquisas concentraram-se no zinco. Se por um lado, a resposta do arroz de sequeiro ao zinco foi significativamente expressiva, por outro, nos trabalhos com arroz irrigado não se observou resposta a este nutriente.

Ainda em relação ao zinco, cabe destacar que as informações obtidas sobre doses e fontes de aplicação podem ser intensivamente usadas na agricultura. Novos estudos, todavia, deverão ser realizados. Sugere-se, neste sentido, o desenvolvimento de técnicas para aplicação de zinco, via foliar. Faz-se oportuno esclarecer que, para tanto, terão de ser iniciados, primeiramente, alguns trabalhos básicos acerca deste micronutriente, como, por exemplo, a sua translocação na planta, taxa de absorção, etc.

Recomenda-se que sejam aplicados 5 kg de Zn/ha ou 20 kg de sulfato de zinco/ha no sulco de plantio; podendo ser utilizado, também, o óxido de zinco, juntamente com a formulação NPK. Apesar do tratamento de sementes não ser desaconselhável, o zinco, preferencialmente, deve ser aplicado no solo. Isto porque, dadas as condições de sequeiro no Brasil, o produtor, na maioria dos casos, cultiva o arroz visando a formação de pastagens e, sendo o zinco um elemento importante para a nutrição animal, a aplicação no solo possibilita o aproveitamento de seu efeito residual.

Outros ensaios foram conduzidos para estudar a interação calcário x zinco e zinco x cobre, dos quais resultaram informações importantes de aplicação imediata à agricultura. O arroz de sequeiro não tolera valores de pH normalmente adequados a outras culturas. A aplicação de calcário em doses elevadas, acima de 5 t/ha, provoca o aparecimento de sintomas de

deficiência de zinco e reduz tanto a capacidade da planta de absorver nutrientes quanto a produção de grãos. A aplicação de cobre, em solos deficientes de zinco, estimulou a absorção deste nutriente pelo arroz de sequeiro.

Os resultados das pesquisas quanto aos métodos de extração de zinco do solo indicaram que tanto o extrator de Mehlich como o HCl 0,1N são capazes de determinar, satisfatoriamente, a disponibilidade deste elemento para o arroz.

Quanto a exigência de zinco, um estudo comparativo de cultivares apontou a Araguaia como a cultivar mais responsiva, com produtividade de 95% a mais de grãos comparada à obtida no tratamento onde o zinco não foi empregado. Independentemente da aplicação deste nutriente ou do calcário, a Mearim destacou-se, dentre as dez cultivares testadas, como a mais produtiva.

Foi avaliada, também, a influência do boro sobre a absorção de nutrientes e o rendimento do arroz de sequeiro, com e sem a prática da calagem. O efeito do boro foi diferente na presença e ausência da calagem; caracterizando, assim, a interação boro x calcário. A calagem, como poderia ter sido previsto, reduziu a absorção de nitrogênio, fósforo, cobre e zinco, na fase da colheita; ocorrendo um decréscimo no rendimento que atingiu um mínimo, ao nível de 37 mg de B.kg⁻¹ de solo. Por outro lado, quando a calagem não foi praticada, foram verificados aumentos no rendimento do arroz, até o nível de 10 mg de B.kg⁻¹ de solo. No maior nível de boro estudado (32 mg B.kg⁻¹ de solo), a produtividade foi drasticamente reduzida, devido à toxicidade deste elemento, sendo este efeito mais acentuado pela não aplicação de calcário.

Após a realização de testes preliminares, que visaram descartar os vírus e nematóides como causas do amarelecimento que ocorria nas lavouras de arroz do Estado do Mato Grosso, desenvolveu-se um diagnóstico nutricional em dois tipos de solos, Terra Roxa Estruturada (TRE) e Podzólíio Vermelho Amarelo (PVA).

Em ambos os tipos de solos foi detectada deficiência de ferro, tendo sido constatado que, no caso da TRE, tal deficiência foi provocada pelo pH elevado e altas concentrações de cálcio e magnésio, enquanto que no solo PVA foi decorrente do excesso de manganês disponível.

2.5. CONTROLE DA TOXIDEZ POR FERRO

Os estudos desenvolvidos confirmaram que a inundação do solo propiciou aumentos na disponibilidade de ferro e manganês. Além disso, ao contrário do que foi verificado em outros trabalhos, constatou-se que a disponibilidade de zinco também aumentou. Geralmente, ocorre uma redução na disponibilidade de cobre; tendo sido observado que os teores de cobre na parte aérea do arroz, na época da floração, ficaram abaixo do nível crítico (5-6 ppm). A baixa disponibilidade deste elemento pode estar relacionada à inundação propriamente dita, que estaria provocando a formação de compostos insolúveis, ou então, o cobre pode estar sendo complexado pela matéria orgânica.

Ainda que tenha sido constatado que a calagem reduziu a disponibilidade de ferro durante a inundação, o que se observa, em geral, é que esta redução não surte efeito algum sobre a produtividade do arroz.

Os resultados obtidos apontam a calagem como uma prática que, associada a outras (como, por exemplo, o uso de cultivares tolerantes), pode contribuir para minorar os efeitos da toxidez por ferro no arroz cultivado em solos com tal problema.

Os efeitos da adição de matéria orgânica sobre a disponibilidade de ferro foram inconsistentes durante o tempo de inundação, não indicando uma tendência clara e definida de comportamento.

O aumento na solubilidade do ferro não proporcionou sua maior absorção pelas plantas de arroz. A inexistência de uma

relação direta entre o aumento da solubilidade do ferro e sua absorção é explicada pela alta capacidade oxidativa das raízes do arroz, o que permite às plantas diminuir a solubilidade de ferro na rizosfera e, assim, controlar a absorção do mesmo.

Observou-se, também, que nos solos estudados (cerca de cinco) o pH e o teor de Fe^{+2} , na solução do solo, só atingiu valores máximos a partir da sexta semana de submersão; contrariando resultados relatados em outros trabalhos conduzidos no exterior, onde esse acréscimo ocorre já nas primeiras semanas (geralmente, na segunda/terceira semana). Possivelmente por esta razão, as plantas adquirem resistência a concentrações mais elevadas de Fe^{+2} na solução do solo, além da própria característica da cultivar.

A prática da calagem e a adição de matéria orgânica não afetaram a absorção de ferro, manganês, cobre e zinco pelas plantas. Ainda que o teor de cobre na parte aérea tenha ficado abaixo do nível crítico, novas pesquisas são necessárias para confirmar a tese de que este elemento constitui fator limitante para o arroz irrigado.

2.6. MANEJO DO NITROGÊNIO

Com o objetivo de determinar os níveis e modos de aplicação de nitrogênio mais adequados e econômicos para a cultura do arroz em várzea úmida e sistematizada, foram conduzidos vários ensaios pelo CNPAF, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Alagoas (EPEAL) e EMEPA.

Os resultados médios de dois anos agrícolas (1985/86 e 1986/87) e de duas cultivares, em várzea sistematizada, evidenciaram resposta do arroz até a dose de 100 kg de N/ha. A maior produtividade média (5500 kg/ha) foi alcançada quando o nitrogênio foi aplicado parcialmente em três vezes, em doses equivalentes: no plantio, no primórdio floral e na floração. A

segunda maior produtividade (5233 kg/ha) foi obtida quando a aplicação deste nutriente foi parcelada, também em iguais quantidades, no plantio, aos 35 dias após a emergência e no primórdio floral.

O mesmo estudo foi desenvolvido para o arroz cultivado em várzea úmida. Os resultados foram semelhantes aos obtidos em várzea sistematizada, em termos de teto de rendimento (média de 5200 kg/ha). A maior produtividade (5300 kg/ha) foi atingida com a aplicação de 100 kg de N/ha à proporção de 1/3 no plantio e 2/3 no primórdio floral.

Em três locais da região do Baixo São Francisco, a EPEAL avaliou, em 1981/82 e 1982/83, a cultivar BR IRGA 409 quanto a resposta ao nitrogênio, aplicado sob a forma de sulfato de amônio e uréia, parcelado em diferentes épocas, na dose de 60 kg de N/ha. Os resultados não mostraram diferenças entre as fontes empregadas. O melhor parcelamento, que propiciou a produtividade máxima (7573 kg/ha), foi quando se aplicou 1/3 de nitrogênio (20 kg), incorporado antes do transplante, e 2/3 na formação do primórdio floral.

Os estudos sobre época de aplicação de nitrogênio na cultura do arroz irrigado por inundação contínua são bastante divulgados, bem como aqueles de comparação entre fontes de nitrogênio. Em geral, os resultados não apontam diferenças entre sulfato de amônio e uréia, a não ser que haja indicações de que o solo é deficiente em enxofre.

Um estudo semelhante ao desenvolvido na região do Baixo São Francisco foi realizado no Estado da Paraíba, pela EMEPA, para arroz irrigado. Comparando-se a uréia e o sulfato de amônio, como fontes de nitrogênio, concluiu-se que ambas as fontes foram iguais para seis diferentes níveis aplicados. As produtividades obtidas, em toneladas/hectare, foram: 3,75; 5,84; 6,68; 7,98; 8,20 e 8,00, tendo sido aplicadas, respectivamente, as doses de 0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg de N/ha.

Em um outro ensaio, sobre o efeito de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio, foi determinada a dose economicamente viável deste elemento (120 kg/ha), sendo 1/3 (40 kg) aplicado no plantio. A época de aplicação da quantidade restante, porém, não foi estabelecida.

Nos projetos de manejo de nitrogênio, em geral, não se prevêem análises física e de matéria orgânica do solo, sendo a produtividade de grãos o único parâmetro que tem sido utilizado; o que, até certo ponto, impede a extrapolação de resultados. A interpretação de resultados de parcelamento e doses de nitrogênio torna-se incompreensível quando não se dispõe de informações sobre as características físicas (textura) e químicas (matéria orgânica) do solo.

Durante cinco anos, em uma colaboração do Centro de Energia Nuclear na Agricultura/Universidade de São Paulo (CENA/USP) e International Atomic Energy Agency/Food and Agriculture Organization of the United Nations (IAEA/FAO), foi executado projeto para conhecer a absorção e distribuição de nitrogênio do fertilizante químico e orgânico azola, utilizando a técnica de diluição isotópica com ^{15}N . Verificou-se que a absorção do nitrogênio disponível no fertilizante uréia pelo arroz é mais eficaz quando o adubo é incorporado no perfilhamento do que quando aplicado no transplantio.

A distribuição do nitrogênio derivado do fertilizante ocorre de forma diferenciada entre as partes da planta, permanecendo na raiz quantidade maior que na parte aérea e grãos. O nitrogênio retido na raiz não é facilmente translocado para a parte aérea e grãos, enquanto que aquele contido na parte aérea é transportado facilmente para o grão.

O balanço de nitrogênio (60 kg/ha, aplicados sob a forma de uréia) na cultura do arroz evidenciou que, do total misturado: 46% foi absorvido pela planta; 11% permaneceu no solo, após o

cultivo do arroz; e o restante (43%) foi perdido. Da quantidade absorvida, 26% foi exportada pelo grão.

Os fatos relacionados confirmam que o nitrogênio, como fertilizante, deve ser aplicado em maior quantidade na fase do perfilhamento do arroz e evidenciam, também, que, mesmo assim, as perdas são elevadas.

Fica claro, então, que a precisão da metodologia utilizada (isotópica) é de importância capital, pois permite verificar o caminhamento do nitrogênio na planta e avaliar o balanço de nitrogênio na cultura, determinando-se todas as frações deste elemento usadas pela planta e as que permanecem no solo, bem como as perdas ocorridas. Esta metodologia opõe-se àquelas adotadas correntemente, cujos efeitos do nitrogênio são avaliados pela produção da planta, o que inviabiliza a análise dos demais dados mencionados e outros relativos à caracterização do solo (matéria orgânica e textura).

Considera-se, portanto, que as pesquisas com fontes de nitrogênio, épocas de aplicação, efeitos de rotação de culturas e interação de variedade de arroz com utilização de nitrogênio devem ser continuadas, utilizando-se a técnica de diluição isotópica.

2.7. FONTES DE FÓSFORO

Por seis anos sucessivos, foram estudadas, no CNPAF, cerca de doze fontes de fósforo. Os resultados foram comprometidos, em alguns anos de execução dos ensaios, pela alta incidência de brusone e pela ocorrência de veranico. Não obstante, foram suficientes para definir doses e conhecer o comportamento, no solo, de algumas fontes de fosfatos naturais e modificados por processos térmicos ou químicos.

A eficiência dos fertilizantes fosfatados difere conforme o tempo de aplicação e na proporção de seu teor total de fósforo

solúvel em água. A eficiência dos fosfatos naturais (Abaeté, Jacupiranga, Patos de Minas, concentrado de Araxá, Catalão, etc.) é muito baixa inicialmente (no primeiro cultivo), comparada a das fontes solúveis ou a dos parcialmente acidulados; entretanto, com o tempo, a eficiência aumenta sensivelmente.

Os estudos mostraram ainda que a adubação corretiva com fósforo não dispensa a adubação de manutenção feita todos os anos no sulco de plantio.

A aplicação antecipada em relação ao plantio de fontes de fósforo solúveis ou parcialmente aciduladas, principalmente em solos de cerrado, onde se cultiva o arroz de sequeiro, concorre para um menor aproveitamento deste nutriente pelas plantas devido a alta capacidade de fixação do mesmo pelos solos.

Os resultados de pesquisa têm indicado que os fosfatos naturais, por serem considerados fertilizantes insolúveis em água e, por conseqüência, de baixa disponibilidade de fósforo para as plantas, não devem ser usados para nenhuma cultura de ciclo curto, inclusive o arroz. Além disso, o fósforo é considerado recurso natural não-renovável. As reservas brasileiras de fosfatos são modestas, havendo perdas consideráveis (cerca de 50%) no processo de exploração, o qual, segundo alguns autores, foi iniciado há pouco mais de 30 anos nas condições atuais do País.

As pesquisas, do ponto de vista agrônomo, devem, portanto, procurar aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados na agricultura, através do aperfeiçoamento dos sistemas de recomendação de adubação fosfatada para cada região, e reduzir a fixação de fósforo pelo uso de calagem, silicatos e testes de novos fertilizantes fosfatados.

2.8. MATÉRIA ORGÂNICA

Em 1980, iniciou-se no CNPAF um projeto com os objetivos de verificar o efeito da adubação verde na capacidade de retenção d'água do solo e na recuperação das características físicas e químicas do solo, bem como comparar biofertilizantes com adubação química. No primeiro ano, devido a ocorrência de veranico, as produtividades de arroz obtidas nos ensaios foram baixas, variando de 262 a 843 kg/ha. Já no segundo ano, as produtividades variaram de 1349 kg/ha, no tratamento testemunha, até 2911 kg/ha, no tratamento que preestabeleceu a utilização de 12 t de biofertilizante/ha, aplicados no sulco. Num primeiro momento, este resultado poderá ter aplicabilidade restrita às pequenas propriedades, uma vez que o seu uso, atualmente, torna-se inviável devido ao custo de transporte e a exigência de equipamento adequado para aplicação.

De uma coleção de leguminosas, avaliada pelo CNPAF, para uso como adubo verde, nove apresentaram bom comportamento nas condições de Goianira (GO). Os parâmetros avaliados foram ciclo e produção de matéria seca e de grãos. Tais adubos devem ser cultivados após a colheita do arroz, no final da estação chuvosa, o que limita sua aplicabilidade e, por conseguinte, dificulta seu emprego em larga escala na agricultura. Não obstante o fato destes ensaios terem sido conduzidos por apenas dois anos, os dados do primeiro ano foram comprometidos pela ocorrência de veranico. Como também não foram feitas análises de solo (química ou física) e nem determinada a capacidade de retenção de água do solo, não foi possível atingir os objetivos propostos.

Utilizando-se a técnica de marcação com isótopo (^{15}N), foi possível avaliar o nitrogênio derivado da adubação orgânica com azola (planta altamente enriquecida deste elemento por ter uma alga fixadora do mesmo alojada em suas folhas) no arroz. Constatou-se que quando a azola foi incorporada no transplante,

o arroz absorveu maiores níveis de nitrogênio dessa planta do que quando a incorporação foi feita na fase de perfilhamento do arroz. Quando a azola foi aplicada no transplante, o balanço de nitrogênio no solo e planta mostrou que: 60% do nitrogênio derivado da azola é absorvido pela planta de arroz, ficando 50%, deste teor, na parte aérea e outros 50% no grão; 10% permanecem no solo; e 30% são perdidos. No caso da azola ser incorporada na época do perfilhamento do arroz, o teor na parte aérea diminui para 41% (destes, 60% ficam no grão e o restante na parte aérea); no solo, após o cultivo do arroz, são retidos 11%; e 48% são perdidos.

Torna-se claro que com o uso de isótopos pode-se demonstrar diferenças importantes entre as épocas de aplicação de um adubo orgânico e, ainda, constatar que o efeito deste adubo difere em muito daquele derivado de um adubo químico-orgânico, como por exemplo a uréia. Consideradas essas vantagens, recomenda-se, mais uma vez, que esta técnica, diluição isotópica, seja aplicada nas pesquisas futuras, com o intuito de obterem-se, num mesmo experimento, resultados de altos interesses prático e científico.

A azola é muito exigente em fósforo, sendo necessária a aplicação de 10 kg deste nutriente por hectare, no início, e de 2 a 4 kg a cada semana de seu desenvolvimento. Estas quantidades de fertilizantes, no entanto, não são perdidas, pois podem ser descontadas do montante a ser aplicado no cultivo do arroz. Por outro lado, a técnica de incorporação de matéria orgânica, via azola, poderá ser adotada somente em pequenas propriedades (até 10 hectares), pois o manejo da referida planta, antes do plantio do arroz, exige a formação de viveiros em 10% da área. Em grandes propriedades torna-se difícil o controle de predadores da azola, principalmente dos peixes que vivem nos canais de irrigação, os quais utilizam-na em sua alimentação, favorecendo-se do alto teor de proteínas disponível na mesma (24-28%).

A tecnologia de adubação orgânica com azola poderá ser usada em Santa Catarina e região do Baixo São Francisco. Experimentos realizados em nível de fazendeiro, na região central, mostraram que a azola substitui o equivalente a 30-40 kg de N/ha. Tal tecnologia, no entanto, ainda não foi suficientemente difundida. Sugere-se, nesse sentido, a formação de bancos de germoplasma de azola em regiões com potencial de utilização da planta em arroz irrigado e de fácil acesso para agricultores. Destaca-se, ainda, a necessidade de um melhor esclarecimento aos agricultores sobre a maneira adequada de utilização de adubo orgânico e manejo da azola.

2.9. MANEJO QUÍMICO DO SOLO

No CNPAF está sendo estudado, em três projetos, o efeito da calagem, da queima dos restos culturais, da adubação corretiva com fosfato, da adubação verde, da gessagem e da adubação de manutenção nas características físico-químicas do solo (Latossolo Vermelho-Escuro), em sistemas de rotação de culturas com dois e três cultivos em um ano agrícola.

Desde o início do primeiro projeto, em 1982, foram realizados 16 cultivos sucessivos com arroz, feijão, trigo e milho. Embora utilizado intensivamente, o solo não mostrou deficiência de micronutrientes. Vale ressaltar que os restos culturais foram incorporados todos os anos. Não houve resposta à adubação corretiva com fosfato. As produções acumuladas de grãos, em 14 cultivos, foram semelhantes nos tratamentos com manutenção e manutenção mais correção, tanto na presença como na ausência de calcário. Possivelmente, não houve efeito do fósforo como corretivo por se tratar de um solo muito cultivado. Tem-se conhecimento que, desde 1975/76, essa área tem recebido adubações e calagens sucessivas. Não obstante os resultados obtidos, considera-se incontestável o efeito favorável da adubação

corretiva com fósforo e a importância da mesma no processo de recuperação dos solos de cerrado.

O uso contínuo do solo com adubações sucessivas de manutenção e com dois a três cultivos anuais tem permitido melhorar as produtividades do arroz, trigo, feijão, milho e mandioca de três até cinco vezes a média nacional. Ao mesmo tempo que a incidência de invasoras, pragas e doenças diminuiu, aumentou a quantidade de água disponível e a tolerância à seca.

Foi diagnosticada deficiência de ferro no arroz nos tratamentos com calcário. Um resultado obtido, relevante para a agricultura intensiva, foi que a fertilidade do solo, após 16 cultivos, se manteve, devido, essencialmente, à incorporação dos restos culturais e a uma adubação de manutenção na base de 45-90-45 de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Houve uma lixiviação intensa de potássio, indicando a necessidade da adubação parcelada deste elemento, juntamente com a de nitrogênio.

Um outro projeto foi desenvolvido no CNPAF para estudar as modificações químicas e físico-químicas que ocorrem no solo, em decorrência da inundação, para o cultivo do arroz. Foi estudado, também, o efeito da calagem nas propriedades do solo e no comportamento do arroz irrigado e do feijoeiro cultivado em condições de sequeiro.

O que foi observado, quanto às mudanças químicas e físico-químicas, concorda com as informações encontradas na literatura sobre o assunto; ou seja, o pH e as concentrações de Fe^{++} , Mn^{++} e P aumentam e o potencial redox, a condutividade elétrica e as concentrações de potássio, cálcio, magnésio, zinco e cobre diminuem. Por outro lado, quando relacionadas à produtividade do arroz ou do feijão, verifica-se que tais mudanças não ocasionam perdas na produção. Resultados semelhantes a este têm sido observados em outros experimentos, realizados também no CNPAF.

Com a retirada da água, inicia-se naturalmente o processo de oxidação. Concluído este processo observou-se uma diminuição nos

teores de potássio no solo. Depois de um cultivo com arroz irrigado por inundação e outro de feijão, após drenagem, o teor de potássio no solo era de cerca de 20 ppm, mesmo tendo sido feitas aplicações deste elemento como corretivo e adubação de manutenção. Tal resultado sugere que a aplicação de potássio deve ser parcelada.

Quanto a calagem, não houve resposta, tanto do arroz quanto do feijão. Verificou-se que o feijão respondeu a uma mistura de micronutrientes; não foi possível identificar, no entanto, qual micronutriente afetou a produção.

2.10. RESPOSTA À CALAGEM

Ainda que não se possa negar a importância da calagem, o assunto, quando se trata de arroz de sequeiro, torna-se controvertível, uma vez que os resultados derivados dos trabalhos experimentais nem sempre são coerentes. Para o arroz irrigado o assunto é ainda mais controverso, tendo em vista a elevação natural do pH e a maior disponibilidade de cálcio e magnésio em solos inundados.

Alguns solos são deficientes em cálcio e magnésio, sem, contudo, apresentarem problemas, quanto ao alumínio. Exemplo disso foi relatado em trabalhos realizados no CNPAF, onde o nível de 0,6 meq/100 g de solo foi elevado para 4,9 meq/100 g de Ca + Mg através da calagem, resultando em um aumento de 23% na produção de arroz, considerando a média de 100 cultivares. Nesse caso é provável que a calagem tenha sido mais eficiente como fonte de Ca + Mg do que como neutralizante da acidez, pois o pH original do solo encontrava-se na faixa de 5,1 e com 0,3 meq/100 g de Al trocável.

Resultados semelhantes foram obtidos em um trabalho de avaliação de 48 cultivares quanto a aplicação de calcário. A resposta ao calcário, como era de se esperar, variou conforme a

cultivar. A produção máxima, média de 48 cultivares, foi obtida com 5 meq/100 g de Ca + Mg e pH próximo a 6,0. Nos valores de pH acima de 6,0 foram observadas deficiências de ferro e zinco. As cultivares que apresentaram maiores produções de grãos, a baixo nível de Ca + Mg (2,7 meq/100 g de solo), e maiores respostas à aplicação de calcário foram a IAC 47 e a CNA 104-B-68-B-2. As cultivares TOM 1-3, CNA 449-BM15-3-B-5, CNA 461-BM3-1-B-3 e CNA 511-16-B-3, a baixos níveis de Ca + Mg, classificaram-se entre as mais produtivas, porém, apresentaram baixas respostas ao calcário.

Em um outro ensaio, conduzido no mesmo tipo de solo (latossolo vermelho-escuro distrófico), para avaliar a resposta do arroz de sequeiro a diferentes níveis de calcário e zinco, foi verificado que aplicações de calcário, acima de 2 t/ha, reduziram drasticamente a produção de grãos da cultivar Guarani e, na dose de 16 t/ha, a produção foi reduzida em 60%. Foram observados, ainda, sintomas de deficiência de ferro e zinco nos tratamentos com 8 e 16 t de calcário/ha.

3. PESQUISAS SUGERIDAS PARA A DÉCADA DE NOVENTA

Considerando que o montante de recursos financeiros destinados à pesquisa agrônômica do País é insignificante e que as perspectivas não são promissoras para um aumento substancial, julga-se aconselhável, até mesmo imprescindível, que os recursos sejam alocados em projetos de pesquisa com possibilidade de gerar resultados mais expressivos e que representem reais avanços tecnológicos.

Dentro deste contexto, os trabalhos que envolvem estudos de fertilidade de solos e de nutrição mineral do arroz assumem importância fundamental. Tem-se observado, entretanto, que, especificamente no caso do arroz, os projetos de pesquisa nessa

área vêm sendo conduzidos sem um direcionamento claro e objetivo, devido, certamente, à falta de uma maior integração e melhor orientação dos projetos para solucionar problemas específicos.

O CNPAF, através da equipe técnica que compõe a área de fertilidade de solos, condicionado por essa nova fase em que se encontra a pesquisa, julgou oportuno, por ocasião da IV Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz - RENAPA, não somente proceder a avaliação dos resultados alcançados até então, como também promover um amplo debate acerca das linhas de pesquisa que devem merecer atenção diferenciada nos anos 90, para que sejam equacionados os problemas de fertilidade e adubação que afligem os produtores de arroz. Como contribuição dessa equipe são apresentadas, a seguir, sugestões temáticas para a elaboração de um programa de pesquisa e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de novas tecnologias alternativas aos produtores de arroz de todo o Brasil.

3.1. NITROGÊNIO

- . Estudar técnicas de manejo para uso mais eficiente do nitrogênio. Incluem-se nesta linha os estudos sobre a redução da dependência do fertilizante nitrogenado, sem perda de rendimento, procurando aumentar a recuperação do nitrogênio aplicado, através de diferentes fontes de matéria orgânica, tais como plantas fixadoras de nitrogênio atmosférico (azola, sesbânia e outras).

- . Testar fertilizantes nitrogenados de disponibilidade mais controlada, procurando aumentar a taxa de eficiência agrônômica.

- . Desenvolver estudos para avaliar e reduzir as perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização nos diferentes sistemas de cultivo do arroz.

- . Avaliar a contribuição do teor de nitrogênio, restante de um cultivo, dentro de um sistema de rotação com arroz e feijão.

. Definir e quantificar as interações do nitrogênio com outros nutrientes ou práticas agrícolas, como a calagem e a gessagem, visando estabelecer um manejo que aumente a eficiência do uso desse nutriente.

. Determinar as taxas de mineralização da matéria orgânica, em diferentes condições de clima, solo e vegetação.

. Aumentar a eficiência do uso do nitrogênio, pelo aperfeiçoamento dos critérios de recomendação vigentes. Não se dispõe, atualmente, de parâmetros seguros para indicação das doses, ou mesmo da necessidade de aplicação de nitrogênio, principalmente em arroz de sequeiro. Estudos de avaliação da adubação foliar advêm da carência de informações sobre a utilização de nitrogênio em cultivos de arroz, sob pivô central.

. Definir produtos, concentrações, épocas e frequências de aplicações de nitrogênio, via pivô central.

. Estudar a compatibilidade do nitrogênio com defensivos e suas interações com outros nutrientes, principalmente com os micronutrientes cobalto e molibdênio.

. Adotar metodologia com aplicação de isótopos para um equacionamento direto dos problemas envolvidos.

3.2. FÓSFORO

Os estudos referentes ao fósforo devem ter como objetivo o aumento do seu aproveitamento e, com isso, da sua eficiência.

. Procurar aumentar a eficiência do uso do fósforo reduzindo a sua fixação. Para tanto, no programa de pesquisa com este elemento deverão ser buscadas interações com outras práticas agrícolas, como a calagem, gessagem e aplicação de silicato.

. Determinar a eficiência agrônômica de novos fertilizantes, como os polifosfatos.

. Avaliar os métodos de extração de fósforo em solos de arroz irrigado por inundação contínua.

- . Utilizar metodologia com aplicação de radioisótopo ^{32}P para avaliação direta de problemas envolvidos.

3.3. POTÁSSIO

- . Avaliar as repostas do arroz ao potássio para estabelecer, de forma conclusiva, uma recomendação mais adequada para os cultivos de sequeiro, de várzea e irrigado.

- . Estudar a interação do potássio com outros nutrientes, principalmente com o nitrogênio e o calcário.

- . Procurar, através do parcelamento, reduzir as perdas de potássio por lixiviação.

- . Avaliar a contribuição da água de irrigação no suprimento de potássio para o arroz.

- . Estudar fontes alternativas de potássio.

3.4. MICRONUTRIENTES

- . Definir as condições em que o uso de micronutrientes se faz necessário.

- . Desenvolver tecnologias para aplicação de micronutrientes, via foliar, em arroz, iniciando com pesquisas básicas.

- . Estudar o enriquecimento com zinco dos fertilizantes formulados para arroz.

- . Determinar doses, fontes e modos de aplicação de micronutrientes na cultura do arroz de sequeiro, de várzea e irrigado.

- . Avaliar os fatores do solo, como a matéria orgânica e a textura, que afetam a disponibilidade de micronutrientes.

3.5. GESSO

- . Determinar a necessidade de enxofre para o arroz cultivado nos sistemas de sequeiro, de várzea e irrigado.

- . Verificar o efeito do gesso no desenvolvimento do sistema radicular do arroz em condições de sequeiro, tendo em vista seu efeito agregador de partículas do solo.

- . Estudar o gesso como fonte de cálcio para o arroz.

- . Estudar métodos de diagnose de enxofre no solo e na planta.

- . Avaliar o uso do gesso em solo de várzeas cultivadas com arroz irrigado e seu efeito nos cultivos de entressafra do arroz.

- . Determinar a capacidade do gesso quanto a lixiviação de potássio e magnésio.

3.6. CALCÁRIO

- . Procurar utilizar o calcário de forma mais racional visando aumentar a eficiência dos fertilizantes (macro e micro).

- . Estudar o efeito da calagem na rotação arroz-feijão.

- . Avaliar o efeito da calagem na decomposição da matéria orgânica.

- . Analisar o efeito da calagem em solos de diferentes texturas.

- . Quantificar o efeito da calagem no aproveitamento dos fertilizantes.

Destaca-se que todas as propostas de pesquisa, que visem a resolução de problemas que impedem o desenvolvimento e o aumento da produtividade de arroz, nas diversas regiões produtoras do Brasil, serão consideradas relevantes pelo CNPAF, através da equipe da área de fertilidade de solos. Contudo, dadas as enormes dificuldades pelas quais passa o País, em particular a EMBRAPA,

as propostas de pesquisas para a área de fertilidade de solos e nutrição do arroz serão aprovadas de acordo com as prioridades definidas, impacto econômico, probabilidade de sucesso, custo, prazo e possibilidades financeiras.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

4.1. QUANTO AOS RESULTADOS ALCANÇADOS

. Os níveis de produtividades alcançados nos experimentos com arroz de sequeiro são muito baixos; em geral, equivalem à média nacional (1350 kg/ha).

. A ocorrência de veranico e a incidência de brusone prejudicaram o desenvolvimento das plantas, o que, de certa forma, invalidam as informações obtidas nos experimentos. A interferência desses fatores resultou nas baixas produtividades supracitadas.

. As diferenças encontradas entre cultivares quanto a resposta aos fertilizantes não têm sido suficientes para recomendar doses diferenciadas por cultivar.

. As informações sobre adubação e calagem do arroz, obtidas no período de 1980 a 1989, permitem relacionar as seguintes recomendações:

- (1) As doses de nitrogênio e potássio devem ser parceladas em duas ou três vezes, dependendo do teor de matéria orgânica e da textura do solo. Não há diferença entre sulfato de amônio e uréia. As doses de nitrogênio variaram de 60 a 150 kg/ha, para o arroz irrigado, e de 30 a 75 kg/ha, para o arroz de sequeiro. As doses de K_2O variaram de 40 a 100 kg/ha, para o arroz irrigado, e de 35 a 135 kg/ha, para o arroz de sequeiro. As doses

- de P_2O_5 , também foram variáveis, de 40 a 150 kg/ha, tanto para o arroz irrigado quanto para o de sequeiro.
- (2) Como regra geral, os fosfatos de baixa solubilidade devem ser aplicados a lanço, antes da calagem, e os solúveis no sulco de plantio, após a aplicação de calcário, cuja quantidade não deve ultrapassar a 3 t/ha.
 - (3) Quanto aos micronutrientes, a recomendação é feita apenas para zinco, à base de 20-25 kg de sulfato de zinco/ha, aplicados no sulco de plantio, juntamente com a formulação NPK. O óxido de zinco também pode ser recomendado. A calagem, usada para elevar o pH acima de 6,0, pode provocar deficiência de outros micronutrientes, tais como o ferro, cobre e boro.
 - (4) Ainda que tenham sido conduzidos cerca de 25 experimentos de resposta à NPK, os resultados não mostraram consistência, por não terem sido repetidos em locais e anos suficientes para definir uma recomendação de adubação mais adequada, nem para o arroz de sequeiro nem para o irrigado.

No que se refere à geração de dados, ocorreu um avanço significativo no período de 1980 a 1989. Quanto a geração de novas técnicas e a sua aplicabilidade na agricultura, no entanto, constatou-se que, neste mesmo período, houve muito pouco avanço.

Os pesquisadores devem ter consciência de que sua participação no PNP-Arroz não deve ficar restrita à geração e publicação de artigos em periódicos científicos. O desafio que se coloca, em essência, é a geração de tecnologias que visem aumentar a produção e a produtividade do arroz e, por consequência, melhorar o abastecimento interno.

4.2. QUANTO A ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

Durante a avaliação crítica dos projetos de pesquisa foram identificadas algumas falhas na elaboração, tanto dos projetos como dos relatórios. Com o objetivo de orientar os pesquisadores na formulação de futuros projetos, julgou-se oportuno apontar as falhas mais comumente verificadas, tecendo breve comentário a respeito, conforme se segue:

- . Nos projetos não é apresentada uma revisão de literatura ampla sobre o assunto a ser pesquisado. Tal fato tem dificultado a formulação das hipóteses de trabalho que, em geral, não são claras e nem estão relacionadas às metodologias utilizadas. Em outros termos, os experimentos não são previstos para testar as hipóteses formuladas.

- . Os objetivos não guardam relação com as hipóteses e, conseqüentemente, na maioria das vezes, não são alcançados.

- . Os experimentos, em muitos casos, são propostos para serem executados em áreas de alto risco (seca, enchente), causando, geralmente, perdas de experimentos e até de projetos.

- . Os relatórios não refletem o que foi proposto realizar no projeto. Nos relatórios nem sempre estão apresentados os dados que comprovam muitas das afirmações neles contidas.

- . Os pesquisadores não fazem uma discussão dos resultados e nem estabelecem uma relação dos resultados obtidos com a teoria apresentada (revisão de literatura). Ao formular uma hipótese, o pesquisador deve fundamentar-se na revisão bibliográfica, quadro de referência teórico, para estabelecer relações entre os fatos, supondo que algo acontecerá. Ao ser testada, a hipótese pode ser confirmada ou rejeitada. Deve ser salientado que uma hipótese rejeitada não significa insucesso, pois, também neste caso, estará havendo uma contribuição para a ciência.

Constatou-se que a dificuldade para a formulação de hipóteses mais claras e específicas pode ser decorrente das seguintes situações:

- . Ausência ou desconhecimento de um quadro de referência teórico.

- . Falta de habilidade para usar o referencial teórico.

- . Desconhecimento de metodologias de pesquisa capazes de expressar adequadamente a hipótese.

Com o intuito de contribuir para melhor formulação das hipóteses de trabalho, são listadas, a seguir, algumas características da hipótese aplicável:

- (1) Deve ser conceitualmente clara.

- (2) Deve ter referências empíricas, ou seja, não pode ter julgamento de valores, como: "melhor adubação aumenta o rendimento do arroz", a não ser que o conceito, no caso "melhor", seja operacionalizado.

- (3) Deve ser sempre específica. Como exemplo contrário desta característica, destaca-se: "a adubação nitrogenada deve ser parcelada no cultivo do arroz". Esta hipótese é inespecífica, pois a expressão "adubação nitrogenada" é muito ampla no seu significado.

- (4) Deve ser relacionada às técnicas disponíveis.

- (5) Deve ser fundamentada teoricamente.

TABELA 1. Temas abordados nos projetos de pesquisa integrantes do PNP-Arroz, na área de fertilidade de solos e nutrição de plantas, concluídos e em andamento, nas unidades de pesquisa das Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, no período de 1980 a 1990.

TEMA DE PESQUISA	SISTEMA DE CULTIVO						UNIDADE DE PESQUISA
	SEQUEIRO		IRRIGADO		VÁRZEA		
	PROJETOS		PROJETOS		PROJETOS		
	CONCLUÍDOS	ANDAMENTO	CONCLUÍDOS	ANDAMENTO	CONCLUÍDOS	ANDAMENTO	
1. "Screening"	1	-	-	-	-	-	CNPAF
Deficiência de Nitrogênio	(1) *	-	-	-	-	-	CNPAF
Deficiência de Fósforo	(2)	-	-	-	-	-	CNPAF
Toxidez por Alumínio	(1)+1	-	-	-	-	-	CNPAF/UEPAE de Porto Velho
Toxidez por Ferro	(1)	-	1	1	-	-	CNPAF
Salinidade	(1)	-	-	-	-	-	CNPAF
2. Manejo da Fertilidade							
Determinação de Doses de NPK	5	1	6	-	1	-	EMGOPA/UEPAE de Porto Velho/UEPAE de Dourados/EMAPA/EMEPA/UEPAE de Penedo/UEPAE de Boa Vista/UEPAT de Macapá
Parcelamento do Potássio	1	-	(1)	-	-	-	CNPAF
Micronutrientes (Zn, Cu e B)	1	-	1	-	-	-	CNPAF
Controle da Toxidez por Ferro	-	-	2	1	-	-	CNPAF
Manejo do Nitrogênio	-	-	3	1	(1)	1	CNPAF/EPEAL/EMEPA
Diagnose de Deficiência/Toxidez	1	-	-	-	-	-	CNPAF/EMPA
Caracterização de Solos de Várzeas	-	-	-	-	-	-	CNPAF
Fontes de Fósforo	1	-	-	-	-	-	CNPAF
Matéria Orgânica	1	-	-	-	-	-	CNPAF
Gesso	-	1	-	-	-	-	CNPAF
Outros (**)	1	3	-	(1)	-	-	CNPAF/UEPAE de Porto Velho

* Número entre parênteses indica experimento contemplado em um mesmo projeto.

** Refere-se a projetos contemplando mais de um fator (fósforo, calcário, gesso, etc.).

TABELA 2. Projetos de pesquisa do PNP-Arroz, na área de fertilidade de solos e nutrição de plantas, em andamento, nas unidades de pesquisa das Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

Nº DE PROJETOS	UNIDADE DE PESQUISA	TEMA DE PESQUISA (SISTEMA DE CULTIVO)	Nº DE PESQUISADORES ENVOLVIDOS
1	UEPAE de P. Velho	Relação NPK e brusone (sequeiro)	3
1	EMGOPA	Doses e modos de aplicação de gesso (sequeiro)	2
3	CNPAF	Caracterização de solos de várzea e toxidez por ferro (irrigado)	4
3	CNPAF	Manejo da fertilidade do solo (sequeiro)	5
1	CNPAF	Manejo do nitrogênio (irrigado)	3

TABELA 3. Trabalhos publicados, conforme os temas de pesquisa, na área de fertilidade de solos e nutrição de plantas, no período de 1980/1990, pelas unidades de pesquisa das Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

TEMA DE PESQUISA	FORMA DE PUBLICAÇÃO			UNIDADE DE PESQUISA
	ARTIGOS TÉCNICO- CIENTÍFICO	CIRCULAR TÉCNICA	OUTRAS *	
MACRONUTRIENTES				
Nitrogênio	7	-	-	CNPAF
Fósforo	13	1	2	CNPAF
Potássio	3	-	-	CNPAF
Enxofre	2	-	-	CNPAF
Calagem (Ca + Mg)	3	-	1	CNPAF
MICRONUTRIENTES				
Zinco	4	1	1	CNPAF
Ferro	2	-	1	CNPAF
Boro	1	-	-	CNPAF
Zinco x Cobre	1	-	-	CNPAF
TOXIDEX				
Alumínio	9	-	-	CNPAF/UEPAE de P.Velho
Ferro	5	-	1	CNPAF
Salinidade	3	-	-	CNPAF
Metodologia de Pesquisa	-	1	-	CNPAF
Manejo Químico do Solo	3	-	-	CNPAF
TOTAL	56	3	6	

* Nessas, incluem-se os resultados de pesquisa obtidos em vários projetos de pesquisa do CNPAF. Através de uma análise dos relatórios de pesquisa das unidades das Regiões Norte e Nordeste, foi possível identificar apenas cinco trabalhos publicados (três pesquisas em andamento e dois resumos), referentes à resposta do arroz a níveis de NPK ou ao calcário x fósforo.

TABELA 4. Respostas do arroz a níveis de adubação NPK observadas nas unidades de pesquisa das Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

UNIDADE DE PESQUISA	LOCAL (ESTADO)	ADUBAÇÃO NPK (kg/ha)		CULTIVAR	PRODUTIVIDADE (kg/ha)	DURAÇÃO (ano)
		IRRIGADO	SEQUEIRO			
UEPAE de Dourados	Dourados (MS)	120-150-60 (linear)	-	IAC 899	7,5	1
EMGOPA	Vários (GO)	60-60-60	-	IAC 899	3,7-8,9	1
UEPAE de P. Velho ⁽¹⁾	Vilhena (RO)	-	30-90-80	IAC 47	1,9 ⁽²⁾	2
EMAPA	Pinheiro (MA)	-	75-60-35	IRAT 112	4,1	2
EMAPA	Arari (MA)	160-40-0	-	CICA 7	7,7	1
EMEPA	São Gonçalo (PB)	120-100-100 (linear)	-	-	4,8	1
UEPAT de B. Vista	Boa Vista (RR)	100-150-120	-	BR-1, BR-IRGA 409	4,4	3
UEPAE de Macapá	Macapá (AP)	-	75-150-135+10	IAC 47	3,4	2
UEPAE de Penedo	Vários (AL)	Níveis de $P_{2}O_{5}$ ⁽³⁾	-	CICA 8	6,2	2
UEPAE de Teresina	Parnaíba (PI) ⁽⁴⁾	120-60-40	-	BR-2	6,9	2

(1) Em outro projeto estudou-se, por dois anos, a interação calcário x fósforo. Em Latossolo Amarelo Argiloso, a recomendação foi de 60 kg de $P_{2}O_{5}$ /ha e 3 t de calcário/ha. No Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado, a recomendação foi de 120 kg de $P_{2}O_{5}$ /ha e 2 t de calcário/ha.

(2) A baixa produtividade se deveu à ocorrência de veranico e a alta incidência de brusone.

(3) Em áreas que receberam 0, 200, 400 e 800 kg/ha de $P_{2}O_{5}$ a lanco, estudaram-se níveis de 0, 20, 40 e 80 kg/ha de $P_{2}O_{5}$ aplicados no sulco. Concluíram que não houve resposta aos níveis de $P_{2}O_{5}$.

(4) Houve acamamento.