

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/301800747>

Importância da Nutrição Adequada para Produtividade e Qualidade dos Alimentos

Chapter · April 2016

CITATIONS

6

READS

11,232

2 authors:



Antonio Boaretto

University of São Paulo

80 PUBLICATIONS 1,064 CITATIONS

SEE PROFILE



William Natale

São Paulo State University

272 PUBLICATIONS 2,299 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Produção de mudas de cajueiro anão com adubo de liberação controlada e foliar [View project](#)



Embrapa-EBDA and others [View project](#)

Importância da Nutrição Adequada para Produtividade e Qualidade dos Alimentos

Antonio Enedi Boaretto¹

William Natale²

1 – Introdução

A Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) compreende a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (Art. 3º da Lei nº11346 de 15/09/2006 que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, conhecida como lei orgânica de segurança alimentar e nutricional).

A condição *sine qua non* para uma alimentação humana segura é a disponibilidade dos alimentos com qualidade, que são de origem vegetal ou dele transformados. A produtividade das culturas e a qualidade dos alimentos são dependentes da tecnologia empregada no manejo das culturas, assim também como do clima, do solo, etc. Uma das tecnologias importantes, que influenciam diretamente tanto a produtividade como a qualidade dos alimentos, é a nutrição das culturas, com o emprego de corretivos e fertilizantes. Para nutrir adequadamente as culturas há necessidade do monitoramento prévio da fertilidade do solo, que indica a necessidade da correção e ou fertilização, bem como o acompanhamento do estado nutricional da lavoura, assegurando o êxito na produção agrícola. Estas tecnologias são reconhecidamente importantes, a ponto de merecer um dia internacional, que se comemora em 24 de Julho de cada ano. Em 20 de Dezembro de 2013 foi aprovado pela assembleia das Nações Unidas que o dia 5 de Dezembro de cada ano é o dia mundial do solo (World Soil Day) e que o ano de 2015 é o ano internacional do solo (International Year of Soils). O objetivo é conscientizar a todos que os solos têm importância fundamental para a segurança alimentar, a erradicação da fome, a redução da pobreza e para um desenvolvimento sustentável.

A nutrição mineral de plantas (NMP) é “a ciência que estuda os nutrientes e suas funções na vida vegetal”. Este campo do saber, no âmbito da agronomia, tem por objetivo a

¹ Engenheiro Agrônomo, Livre Docente, Professor aposentado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP, 19-34294710, a.e.boaretto@cena.usp.br

² Professor Visitante, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Bolsista do CNPq. natale@pq.cnpq.br

produção sustentável de alimentos, fibras e energia. A relação entre a nutrição mineral de plantas e o produto agrícola, tanto em quantidade quanto em qualidade, está representada na figura 1.

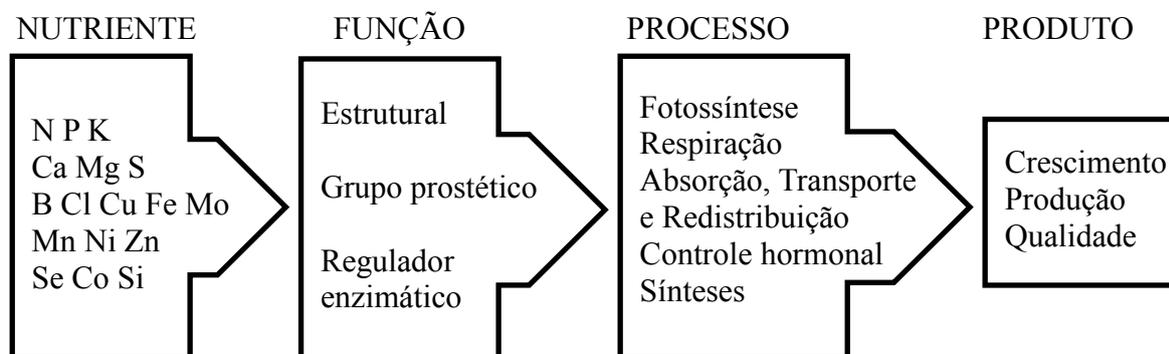


Figura 1 – Relação entre os nutrientes e o produto agrícola.

A condição necessária é produzir alimento, fibra e energia sem modificar o ambiente de forma não reversível, mantendo o nosso planeta sadio. Pode-se dizer que plantas saudáveis tornam o planeta Terra sadio. Em âmbito global há movimentos buscando divulgar a importância de ter um “Planeta Saudável”. A saúde do planeta deve ser encarada como uma atitude perante a vida e uma filosofia de vida. O termo “Planeta Saudável” quer enfatizar os seres vivos e não as doenças, a equidade e não a criação de sociedades injustas (HORTON et al., 2014), ou ainda salientar que “saúde planetária é a saúde dos seres vivos e o estado de saúde dos sistemas naturais dos quais dependem” (HORTON; LO, 2015).

2 - A nutrição de plantas e a produtividade das culturas (BOARETTO et al., 2014).

A produtividade agrícola é definida “como o rendimento da terra, em quilogramas produzidos por hectare plantado, das culturas selecionadas” (COSTA et al., 2014). A produtividade de uma cultura agrícola é dependente da tecnologia usada no seu manejo. Está sobejamente demonstrado na literatura que os conhecimentos de nutrição mineral de plantas têm sido um dos indutores principais no aumento de produtividade das culturas.

O volume da produção agrícola limita a população humana, mas não é suficiente, por si só, para determinar e conduzir o aumento populacional, pois outras condições sociais e culturais condicionam a natalidade e a mortalidade da população (MAZOYER; ROUDART, 2010). A missão da nutrição mineral de plantas é colaborar com as outras práticas agrônomicas para a produção de alimentos em quantidade e com qualidade para alimentar a

humanidade, mas é também sua tarefa divulgar as implicações decorrentes desta prática específica.

Como a quantidade de alimento disponível é um dos fatores que determinam o aumento da população, a pretensão desta parte é demonstrar que tendo havido disponibilidade de alimento, propiciado em grande parte pelos conhecimentos sobre como nutrir as culturas, foi possível que a população mundial atingisse, no início do sec. 21 d.C., a marca de mais de 7 bilhões de habitantes.

Do ponto de vista da nutrição mineral de plantas, pode-se dividir a história em três períodos: antes do século 18 d.C., quando praticamente se desconhecia do que as plantas necessitavam para viver; do início do século 18 até meados do século 20, quando, a partir dos conhecimentos adquiridos, a produção de alimentos possibilitou que população mundial chegasse a 2 bilhões de habitantes em 1927; e, finalmente, a fase atual na qual alimentando as culturas com os nutrientes, está sendo possível produzir alimentos suficientes para mais de 7 bilhões de habitantes.

Antecedentes: NMP antes do século 18 d.C.

Desde o início da agricultura, ocorrido há cerca 12 mil anos, com a população do mundo conhecido estimada em 6 milhões, até o início do século 19, quando a população atingiu o primeiro bilhão de habitantes, um longo caminho foi percorrido. Nesse período houve o surgimento e o desaparecimento das grandes civilizações e dos grandes impérios, além do aparecimento das cidades europeias, quando ocorreu a decadência do feudalismo (sec. 15 d.C.), bem como as grandes navegações tiveram início, ao que hoje se denomina de globalização, nunca esquecendo a revolução industrial.

No período de mais ou menos 13 a 14 mil anos, a civilização foi acumulando práticas que possibilitaram o aumento da produção de alimentos. Os antigos já conheciam algumas técnicas de cultivo, como a seleção das melhores sementes para o plantio dos cereais, a prática da irrigação, o uso de esterco animal para a adubação da terra, além do pousio de um ano para recuperar fertilidade do solo. Por exemplo, o trigo, o mais importante cereal entre todas as plantas cultivadas, teve origem na Ásia Menor, entre 6.000 a 7.000 anos a.C., e expandiu-se no delta do Nilo, na Mesopotâmia e na China (CARNEIRO, 2003). O revolvimento da terra, por um instrumento precursor do arado, foi uma grande conquista ligada ao cultivo do trigo. O arroz, originado na Indochina por volta de 2.000 a.C., era cultivado em solo seco e foi posteriormente adaptado para o cultivo semi-aquático, o que permitiu a ampliação da produtividade. Nas Américas, os primeiros vestígios do *Homo sapiens* datam de cerca de 20 mil anos e os primeiros indícios de cultivos agrícolas são de 5 a 4 mil anos a.C., sendo as

culturas mais importantes o milho, a abóbora, a batata, o cacau, a mandioca e o girassol. O milho, o terceiro cereal mais importante, teve início de cultivo nas Américas por volta de 3.000 a 3.500 anos a.C. A batata, de origem andina, pressupõe-se que tenha sido cultivada desde 2.000 anos a.C. Os povos americanos já conheciam técnicas de irrigação e já praticavam a seleção de seus cultivos.

Com o florescimento das cidades no mundo ocidental em meados da idade média, houve necessidade de aumento de produção de alimentos, o que exigiu também aumento de suas produtividades. Isso motivou os produtores a desenvolverem novos instrumentos de cultivo, como arados e outras ferramentas agrícolas, os quais passaram a ser fabricados em ferro. Foram desenvolvidos os moinhos movidos pelo vento e pela água para moerem os grãos. O cavalo começou a ser usado como força de trabalho, em substituição aos bois. Assim, o excedente de produção passou a ser comercializado nas cidades.

A idade moderna (período da história europeia entre a conquista de Constantinopla, em 1453 pelos turcos otomanos, e o início da revolução francesa, em 1789) foi um período de transição, em que houve uma verdadeira revolução social, sendo o sistema feudal de produção substituído pelo sistema capitalista. Esse período da história pode ser caracterizado, também, por uma diminuição da chamada "trilogia negra" - fomes, pestes e guerras - criando condições propícias às descobertas marítimas e ao comércio entre os povos.

A revolução cultural em todos os campos do saber atingiu também a Ciência, que passou a ser experimental. Pode-se citar a "Accademia del cimento", fundada em 1657, em Florença, sendo um de seus participantes Galileu, cujos princípios eram "experimentação sobre tudo, evitar especulações, criar instrumentos de laboratório e padronização de medidas".

Com a relativa paz e a aglomeração de parte da população nas cidades, estavam presentes as condições necessárias para o surgimento de pensadores e filósofos, que promoveram um movimento cultural, político, econômico, social e filosófico chamado iluminismo. O movimento enfatizou o questionamento, a investigação e a experiência como conhecimento da natureza, da sociedade e do ser humano, em contraposição à obediência às autoridades religiosas e políticas. Assim, iniciou-se o que hoje se denomina de ciência empírica (baseada em experimentação), também aplicável na busca de conhecimentos sobre a agricultura.

A base dos conhecimentos: NMP do século 18 até o início do século 20

A população mundial, estimada em 400 milhões no início da idade moderna (século 15), vai atingir no início do século 19 d.C. (1804) o primeiro bilhão de habitantes e, rapidamente, depois de 127 anos, em 1927, chega a 2 bilhões de habitantes.

Nesse período, as primeiras pesquisas em NMP tiveram início e a principal pergunta a ser respondida na época era: do que são compostos os vegetais?

O primeiro a empregar a ciência experimental no campo da nutrição de plantas foi J. B von Helmont (1580 - 1644) que investigou a fonte de materiais dos quais as plantas eram compostas. O experimento foi bem conduzido e conclui que os vegetais “são formados exclusivamente de água”, o que se demonstrou mais tarde que a conclusão não era totalmente correta. Alguns anos depois, John Woodward (1665 - 1728) comprovou que os minerais absorvidos do solo têm importância para o desenvolvimento das plantas. A partir de então outras pesquisas foram feitas como, por exemplo, as realizadas por Nicolas-Théodore de Saussure (1767 - 1845) que ampliaram os conhecimentos sobre a absorção de elementos do solo pelas raízes e evidenciaram o princípio da essencialidade, afirmando que alguns elementos absorvidos pelas plantas poderiam ser não essenciais, entretanto alguns eram indispensáveis.

No início da era contemporânea (final do século 18), quando a população do mundo era quase 1 bilhão de habitantes, a preocupação com o aumento populacional e a necessidade crescente de alimentos motivou Thomas Robert Malthus (1766 – 1834) a escrever os seus livros e a propor a teoria sobre o crescimento populacional. Os escritos deste pensador instigaram a pergunta: quantas pessoas poderiam viver na Terra, ou seja, haveria alimento suficiente para todos? O debate sobre este assunto ainda é atual e cada vez mais vem se tornando necessário e urgente. Um documentário muito interessante, preparado pela BBC, pode ilustrar o assunto (BBC, 2015).

A pesquisa sobre nutrição de plantas e inter-relações solo-planta alcançou o seu ponto alto com as pesquisas do francês Jean-Baptiste Boussingault (1802 - 1887). Diferente de seus predecessores, que davam ênfase à composição elementar dos vegetais, Boussingault enfatizou o balanço entre as quantidades de nutrientes contidos nas plantas cultivadas, e calculou as quantidades retiradas por área de cultivo.

Os escritos de Philipp Carl Sprengel (1787 – 1859) marcaram o começo de uma nova época da agronomia, pois a teoria humista foi refutada e estabeleceu a base para a lei do mínimo (PLOEG et al., 1999), que foi depois elaborada e difundida por Justus Von Liebig (1803 – 1873). A lei do mínimo esclarece que o crescimento das plantas é determinado pelo nutriente no solo na mínima quantidade adequada e que os nutrientes das plantas são substâncias minerais. Com base nesses conhecimentos teve início a era dos fertilizantes.

A Estação Experimental Rothamsted, na Inglaterra, foi fundada em 1843 e os experimentos sobre fertilidade do solo e nutrição de plantas, que foram iniciados com a

criação desta instituição, continuam até hoje (ROTHAMSTED, 2015). Os resultados demonstraram de forma convincente que o suprimento de nutrientes dos solos declinou quando estes foram cultivados ano após ano, tendo como consequência a diminuição da produtividade. Entretanto, a adição de nutrientes na forma de adubos manteve os níveis de fertilidade do solo e de produtividade das culturas.

Em 1860, Julius von Sachs (1832 - 1897), botânico alemão, demonstrou que as plantas podiam crescer sem a fase sólida do solo se as raízes estivessem banhadas por uma solução contendo os nutrientes necessários. Nesta mesma época, W. Knop ampliou os estudos de cultivo de plantas em solução nutritiva. A partir de então, o cultivo de vegetais sem solo tornou-se uma técnica importante nos estudos de nutrição mineral de plantas e na produção de culturas com fins comerciais, principalmente hortaliças, sendo a técnica conhecida como hidroponia. D. R. Hoagland (1884 - 1949) elaborou, em 1936, uma nova solução nutritiva que ainda é muito usada nos estudos de nutrição mineral de plantas, sendo o principal pioneiro do período moderno desse ramo da ciência. Com a facilidade de análise química dos vegetais e, como na composição destes são encontrados praticamente todos os elementos químicos da tabela periódica, Daniel I. Arnon e P. R. Stout, em 1939, propuseram os “critérios de essencialidade”, que até hoje são aceitos, apesar de algumas modificações sugeridas por Emmanuel Epstein (EPSTEIN; BLOOM, 2006), estabelecendo então os elementos químicos que podem ser chamados de nutrientes.

No Brasil, a evolução da ciência agrônoma intensificou-se a partir da segunda metade do século 19. A primeira Escola de Agronomia, em Cruz das Almas, foi fundada em 1875 e a segunda foi criada em Pelotas, no Rio Grande do Sul, no ano de 1883. O Instituto Agrônomo de Campinas, instituição mais que centenária, foi fundado no final do século 19, em 1887. A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz foi fundada em 3 de junho de 1901.

A Sociedade Internacional de Ciência do Solo foi fundada em 1924 e a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo foi criada em 1948. Nas instituições brasileiras de ensino agrônomo, até 1964, a nutrição mineral de plantas (NMP) era ensinada como parte da fisiologia vegetal e da química agrícola. Com a criação do curso de pós-graduação em “Solos e Nutrição de Plantas” na ESALQ-USP, a NMP passou a ser ministrada. Na justificativa para a criação da disciplina, o Prof. Malavolta, seu idealizador, perguntou: “Por que ensinar a NMP? Respondendo, ele mesmo justificou: o homem come planta ou planta transformada, portanto, só alimentando a planta pode-se alimentar o homem (MALAVOLTA, 1992)”. A partir de então, a disciplina NMP passou a ser ministrada em praticamente todas as faculdades

de Agronomia existentes no Brasil (NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2015). A contribuição brasileira para os conhecimentos em NMP foi relatada por Bataglia (2003).

No início do século 20 os elementos considerados essenciais aos vegetais eram: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Mn. Com o desenvolvimento da NMP, outros nutrientes foram considerados importantes: B (1923), Cu (1931), Mo (1939), Cl (1954), Na (1957), Co (1961), Ni (1984), Se (1988). Até o início do século 20, procurava-se devolver ao solo os nutrientes que eram retirados pelas colheitas, em termos de N, P e K.

Em 1927, 127 anos após o primeiro bilhão de habitantes da Terra, a população mundial alcançou seu segundo bilhão de habitantes e, no Brasil, a população era de aproximadamente 35 milhões.

A consolidação dos conhecimentos: NMP do início do século 20 até o presente

As pesquisas em NMP objetivavam, até o início deste período, conhecer os nutrientes que as plantas necessitavam e devolver ao solo os nutrientes que eram exportados com as colheitas, e assim manter o nível de fertilidade do solo.

Com desenvolvimento dos novos equipamentos que facilitavam a análise, surgem novas idéias para monitorar o solo e as plantas, como a análise foliar. Em 1905, foi primeiramente proposta a análise da planta, não apenas para determinar a quantidade de nutrientes removidos do solo, mas como um método biológico para acessar a fertilidade do solo. Lagatu e Maune, em 1926, utilizaram esta técnica, chamando-a de “Diagnostic Foliare” para avaliar o estado nutricional das plantas (FAUST, 1979).

O primeiro comércio de adubo fosfatado ocorreu em meados do século 19. Os fertilizantes utilizados na Europa e nos USA no final do século 19 eram principalmente de origem orgânica, de resíduo de fornos a carvão ou provenientes do Chile e do Peru. Em 1990, o Chile estava produzindo cerca de 2/3 de todos os fertilizantes usados na agricultura mundial. As distâncias entre os locais onde eram obtidos e as áreas de uso dos fertilizantes eram muito grandes e tornava os países dependentes das importações destes insumos, usados tanto para a agricultura como na fabricação de explosivos para uso bélico (SMIL, 2001; HAGER, 2008).

O nitrogênio, que compõe 78% da atmosfera, é o quarto elemento mais abundante nos seres vivos. Postula-se que certos micro-organismos específicos começaram a fixar o N há aproximadamente 3 bilhões de anos, mas, foi somente em 1889, que o microbiologista holandês Martinus Beijerinck (1851-1931) isolou a bactéria *Rhizobium* nos nódulos das raízes. As pesquisas do início do século 20 tornaram evidentes que o N era de suma importância para aumentar a produtividade das culturas, pois a quantidade de N fixada

simbioticamente pelas bactérias ou a quantidade contida nos fertilizantes trazidos de longas distâncias para os países consumidores não eram suficientes para suprir as exigências das culturas, limitando a produtividade. Além disso, as reservas naturais dos fertilizantes comercializados já mostravam sinais de esgotamento.

Com este cenário, a indústria de fertilizantes, com destaque para os adubos nitrogenados, toma grande impulso. A genialidade do ser humano fez com que a fixação fosse feita em laboratório, e depois em fábricas, o que possibilitou a produção de quantidades suficientes de nitrogênio para complementar o fornecimento natural. Satisfeita a exigência das culturas em N, estas puderam ter pleno desenvolvimento.

A fixação industrial do N_2 acontece pela reação com H, obtendo-se NH_3 . O processo foi desenvolvido por Fritz Haber e Carl Bosh e patentado em 13 de Outubro de 1908. A partir do gás amônia puderam ser obtidos os diferentes fertilizantes nitrogenados.

A sociedade humana foi transformada a partir de então, pois se tornou altamente dependente do N fixado industrialmente (ERISMAN et al., 2008; GALLOWAY et al., 2008), sendo que sem a fixação industrial de N para nutrir as culturas e produzir alimentos seria possível nutrir apenas metade dos mais de 7 bilhões de habitantes existentes atualmente (SUTTON et al., 2013).

A partir de meados do século 20 a produção de alimentos foi tremendamente alavancada, e ficou demonstrada a relação entre uso de fertilizantes e a produtividade das culturas. Em termos mundiais demonstrou-se que a produtividade está relacionada com o fornecimento de “comida” para as culturas.

O aumento da produção de alimento tem como causa a aplicação das técnicas agronômicas, pois nos últimos 50 anos conseguiu-se triplicar a produção de alimentos com um aumento de aproximadamente 10% da área cultivada. Como a população quase triplicou neste mesmo período, cada ser humano é alimentado hoje pelo que é colhido em metade da área que era necessária há meio século (DYER, 2015).

Norman Ernest Borlaug (1914 - 2009), agrônomo americano, recebeu em 1970 o prêmio Nobel da Paz por ter iniciado a “revolução verde”, pois conseguiu desenvolver variedades de trigo que respondiam, principalmente, a altas doses de nitrogênio.

Com a disponibilidade de alimento houve explosão populacional após a segunda guerra mundial (Figura 2). A população mundial em 1900 era pouco mais de 1,6 bilhão e, no início do século 21, no ano 2000, a população já ultrapassava os 6 bilhões e, depois de somente 11 anos, em 2011, alcançou 7 bilhões de habitante. Esta explosão populacional foi possível graças ao aumento sem precedentes da produção de alimentos. Enquanto a população

total do século XX cresceu 3,7 vezes, a colheita mundial de cereais, bem como a produção total de energia derivada destes, aumentou 7 vezes.

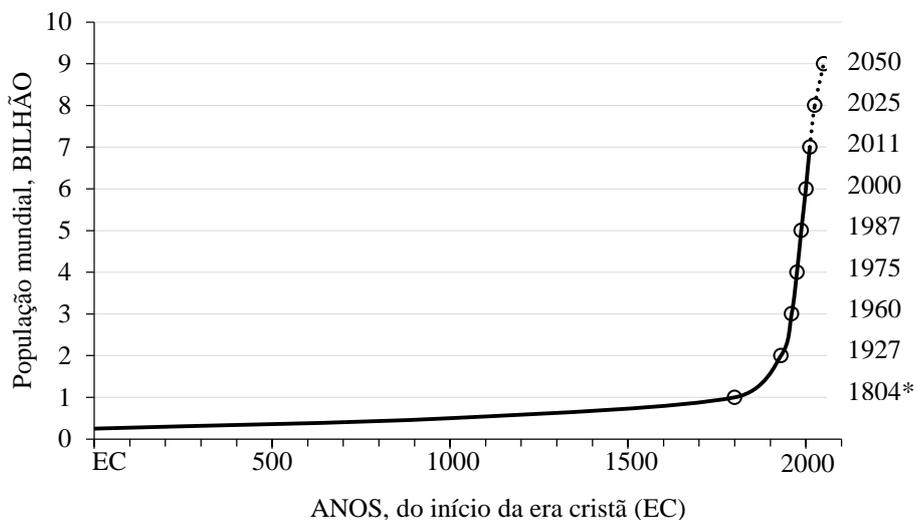


Figura 2. Estimativa da população mundial desde o início da era cristã até século 21 d.C. (1804*: ano em que atingiu 1 bilhão de habitantes e sequencialmente os anos das demais unidades de bilhões de habitantes).

Assim, nunca antes tantas pessoas - seja em termos absolutos ou em termos relativos - tiveram à sua disposição uma oferta tão abundante de alimentos. Entretanto, no mesmo período, ainda há pessoas que não conseguem ter a alimentação necessária; porém, a desnutrição é motivada por outras causas e não pela escassez de oferta de alimentos. Neste início do século presente, o consumo tem acompanhado a produção (Figura 3).

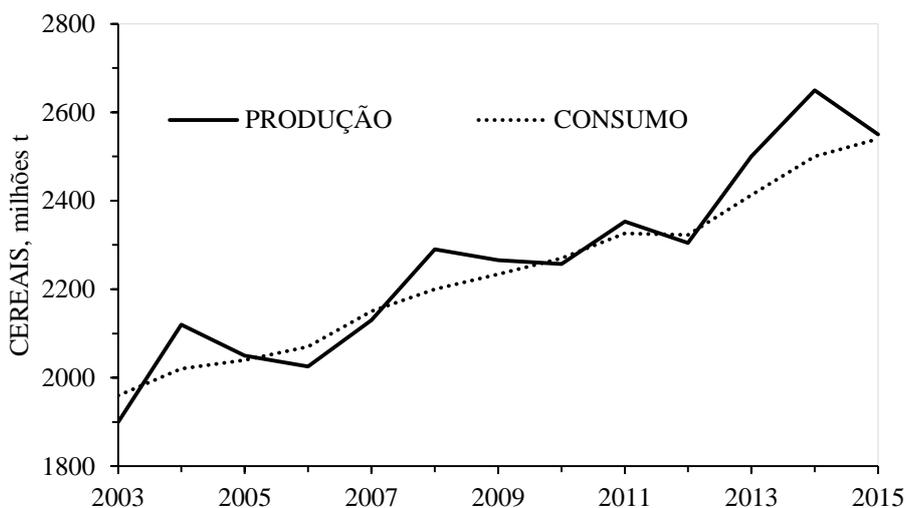


Figura 3 – Produção e consumo de alimentos (Adaptado de FAO, 2015a)

Esta enorme conquista foi possível por uma combinação de muitos fatores, como a introdução de novas variedades de culturas e de cultivares melhores, desenvolvimento de novos pesticidas e, principalmente, pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio fixado, o nutriente que é exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas, cuja falta é o motivo mais comum para as baixas produtividades das culturas.

3 - A nutrição de plantas e a qualidade dos alimentos

Os exemplos que serão apresentados a seguir foram extraídos de Boaretto e Moraes (2010), com modificações na forma de apresentação.

Cada nutriente tem funções específicas na vida vegetal, tendo influência em processos diversos e, assim, determina a produtividade e a qualidade do produto colhido. Na falta de qualquer nutriente a planta não consegue completar o seu ciclo vital. Entretanto, a falta completa de um dos nutrientes não é comum ocorrer na natureza, sendo mais frequente que a quantidade necessária não é suficiente para que a planta manifeste todo o seu potencial genético de produtividade e, também, que o produto colhido não alcance a qualidade esperada, sendo, pois, de qualidade inferior.

As relações entre a nutrição mineral e a qualidade dos produtos agrícolas são demonstradas através de alguns exemplos extraídos da literatura. Uma revisão extensa sobre o assunto pode ser encontrada em Sá; Buzetti (1994) e em outras publicações como: Welch; Gabelman (1984), Dibb et al. (2005), Moraes (2008) e Bañuelos; Lin (2008). Para as frutíferas (goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro), Aular; Natale (2013) revisaram os poucos relatos da literatura sobre o assunto.

Considerações sobre a influência dos nutrientes, sob o ponto de vista bioquímico, na qualidade de produtos agrícolas podem ser consultadas em Malavolta (1994 e 2006).

A qualidade do produto agrícola pode ser avaliada de acordo com a finalidade que o mesmo tem para os seres humanos e, por isso, a definição de qualidade dos produtos agrícolas é muito complexa. A maneira de avaliar a qualidade é variável e depende do produto. Por exemplo, uma flor tem qualidade quando tem características visuais agradáveis e exigidas pelo mercado, enquanto que o trigo pode ter suas características avaliadas por análises físicas e químicas que expressam o poder de panificação de sua farinha.

A qualidade do produto agrícola é definida, de maneira geral, como “o conjunto de características relacionadas ao valor comercial, nutritivo, industrial ou estético”.

Nesta parte nos limitamos a dar alguns exemplos obtidos na literatura, com a finalidade de explicitar o efeito da nutrição sobre a qualidade do produto agrícola definido acima. Certamente muitos outros exemplos serão mostrados no decorrer deste Simpósio.

Valor comercial

Quanto ao aspecto comercial, o valor do produto agrícola pode ser prejudicado quando sua aparência é inadequada, principalmente quando o mesmo é consumido *in natura*, como as hortaliças e as frutas. Há inúmeros exemplos na literatura que mostram a relação entre a aparência do produto agrícola e a deficiência de algum nutriente. Por exemplo, o Ca e o B, por terem funções estruturais na parede celular, as deficiências podem aparecer externamente e, assim, o produto agrícola tem o valor comercial prejudicado. Alguns exemplos são: o talo oco da couve flor e do repolho (deficiência de B), rachaduras no fruto de laranja (deficiência de B), podridão estilar do tomate (deficiência de Ca), “bitter pit” em macieira (deficiência de Ca), o crestamento do miolo da alface (deficiência de Ca), deformidade do fruto do mamoeiro (deficiência de B), rachadura entre os frutinhos do abacaxi (deficiência de B), etc.

O tamanho dos grãos do arroz é uma característica da cultivar, mas o potássio pode ter influência neste parâmetro que define, em parte, o valor comercial dos grãos, como mostra a figura 4 (resultados modificados de ZARATIN et al., 2004).

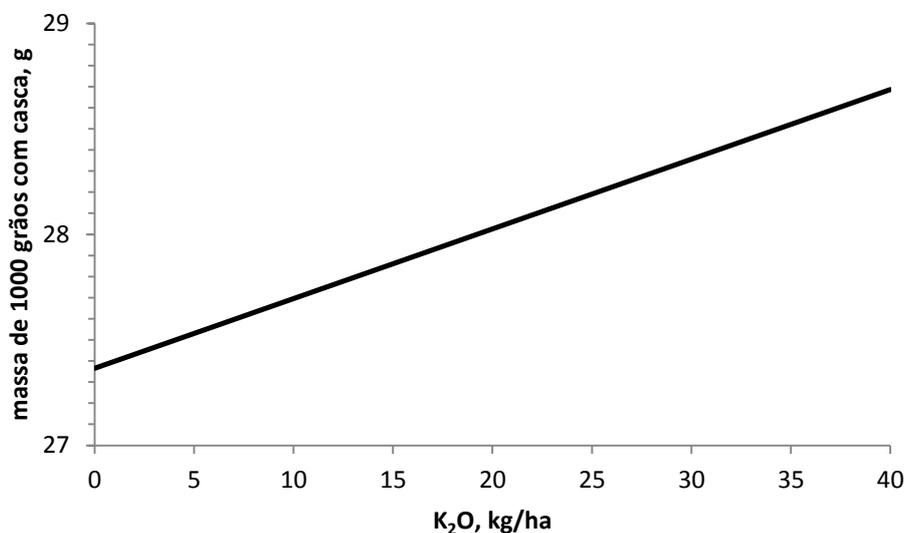


Figura 4. Efeito do potássio na massa de grãos de arroz com casca (a partir dos resultados de ZARATIN et al., 2004).

Valor nutritivo

A necessidade de energia pelo ser humano é variável segundo a idade e o estilo de vida, sendo que uma pessoa adulta necessita, em média, de 2.500 calorias por dia. Esta

energia é fornecida pelos carboidratos (55 a 60%), gorduras (menos de 30%) e proteínas (15 a 20%). Os alimentos devem fornecer, ainda, quantidades variadas de vitaminas e de sais minerais para compor uma alimentação saudável (SIZER; WHITNEY, 2003).

Do ponto de vista químico, os carboidratos são formados por carbono, hidrogênio e oxigênio, enquanto do ponto de vista dietético, os carboidratos não são todos iguais, podendo ser classificados em carboidratos complexos (amido e fibra) e carboidratos simples (açúcares). Na refeição do brasileiro, destacam-se o consumo do arroz, trigo, milho, feijão, mandioca e batata, que são os principais fornecedores de carboidratos e proteínas.

O arroz é uma excelente fonte de carboidratos, além de proteína, contendo, ainda, gorduras, fibras, sais minerais e aminoácidos essenciais. Na avaliação da qualidade do arroz, são consideradas características de qualidade industrial e culinária, as quais, em geral, definem seu valor comercial, além da qualidade nutricional, como teor de proteínas, carboidratos, vitaminas e sais minerais (BARBOSA FILHO; FONSECA, 1994).

No arroz, o teor de proteína é considerado baixo, mas o seu valor nutritivo pode ser modificado pela adubação (Figura 5). A adubação com nitrogênio aumentou o teor de proteína dos grãos e, como consequência, diminuiu o teor de amido. O valor nutritivo da proteína depende de sua composição em aminoácidos essenciais. O arroz possui uma das proteínas de mais alta qualidade, devido ao teor de lisina e triptofano. Em geral, quando há aumento no teor de proteína, há diminuição no conteúdo de lisina, ou seja, o teor de proteína não reflete, necessariamente, um melhor balanço dos aminoácidos essenciais.

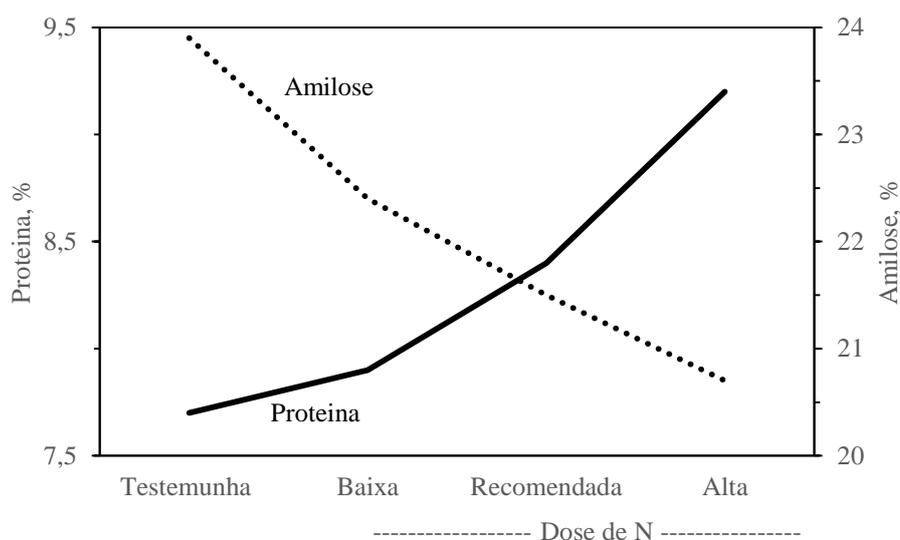


Figura 5. Efeito da adubação nitrogenada no valor nutritivo dos grãos de arroz integral (a partir dos resultados de HAO et al., 2007)

O trigo é o cereal mais consumido no mundo. Para a nutrição humana é processado e a farinha usada na fabricação de pão ou massas, principalmente. A revisão apresentada por Didonet (1994) mostra a importância da adequada nutrição da cultura para a obtenção de uma farinha de qualidade.

A nutrição nitrogenada influencia a produtividade de grãos e a qualidade da farinha (CAZETTA et al., 2008). Esta pode ser avaliada pelo teor de proteína dos grãos (quanto maior, melhor a qualidade nutricional) e pelo teste de alveografia (fornece informações sobre as características da massa, como extensibilidade, plasticidade e força do glúten). A adubação nitrogenada em cobertura influencia positivamente a qualidade da farinha para panificação, pois, incrementou o teor de proteínas da farinha, reduzindo a relação entre a tenacidade e a extensibilidade (figura 6). A relação P/L é alta ainda, com massa tenaz, mas houve redução significativa em média de 2 safras e 6 cultivares da gramínea.

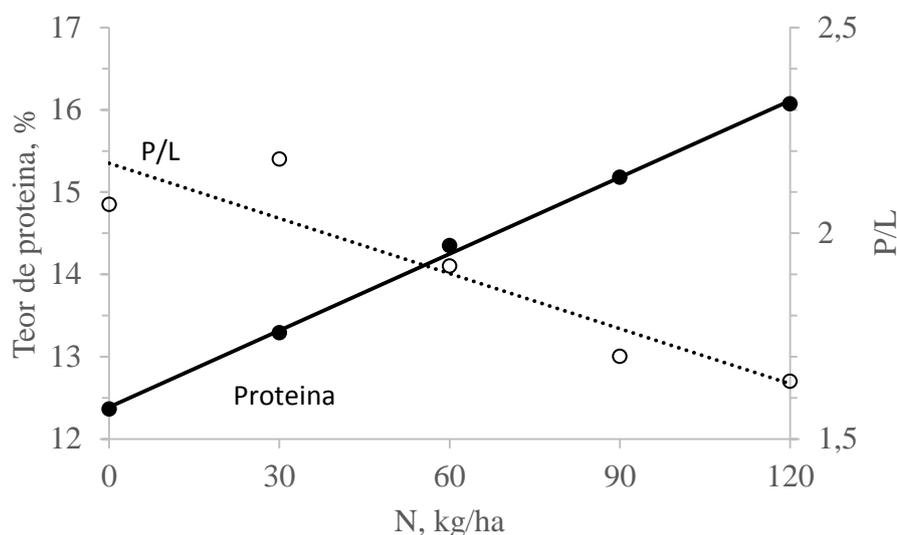


Figura 6 - Qualidade da farinha de trigo em função da adubação nitrogenada. P= Tenacidade, E= Extensibilidade (modificado de CAZETTA et al., 2008).

Além dos carboidratos, proteínas e lipídeos, são necessários na dieta humana as fibras, as vitaminas e os minerais. As frutas são boas fontes destes elementos necessários à dieta humana. Para uma dieta de 2.000 calorias para adultos, há necessidade de se ingerir diariamente quantidades variáveis de vitaminas, por exemplo, 60 mg de vitamina C e de vários minerais, por exemplo, 1 g de cálcio, 18 mg de ferro, 15 mg de zinco, 1 g de fósforo, etc. (SIZER; WHITNEY, 2003).

A deficiência nutricional na cultura do abacaxizeiro pode alterar, entre outras características, os teores de vitamina C, de sólidos solúveis, de acidez, além da coloração da polpa (Tabela 1, adaptada de RAMOS, 2006).

Deficiências de nitrogênio ou enxofre reduziram a síntese de aminoácidos e de proteínas. Em consequência, houve maior disponibilidade de fotoassimilados que foram usados na síntese de compostos do metabolismo secundário, como ácido ascórbico, uma das formas reativas da vitamina C (valor de 0,34 no tratamento completo é considerado ótimo). A vitamina C é um antioxidante (SIZER; WHITNEY, 2003).

O nitrogênio, aumentando a produtividade e o tamanho do fruto, diminuiu a concentração de açúcares e de ácidos (Figura 7). O potássio aumentou a produtividade e o tamanho do fruto e, também, o seu teor de sólidos solúveis e vitamina C (Figura 8).

Tabela 1. Efeito das deficiências de macronutrientes e de boro na acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST), na relação SST/AT, no teor de Vitamina C, na aceitação da polpa e coloração de polpa (CP) do abacaxi, cv. Imperial (a partir de RAMOS, 2006).

Tratamentos	AT ¹	SST ²	SST/AT	Vitamina C ³	Notas ⁴	CP ⁵
Completo	0,34	15,4	46	10,8	7,7	5,0
-N	0,72 + ⁶	16,3 ns	23 -	31,8 +	6,4 -	1,2 -
-P	0,43 ns	16,4 ns	39 ns	7,6 ns	8,0	4,8 ns
-K	0,32 ns	13,1 -	43 ns	5,8 -	5,1 -	4,2 ns
-Ca	0,34 ns	16,8 +	52 ns	9,3 ns	7,3 ns	5,2 ns
-Mg	0,42 ns	15,9 ns	40 ns	13,3 ns	7,4 ns	5,7 ns
-S	0,71 +	17,5 +	25 -	27,2 +	7,0 ns	3,3 -
-B	0,32 ns	16,5 ns	55 ns	9,3 ns	7,7 ns	5,2 ns

¹% Ácido cítrico ²°Brix ³mg/100g ⁴Notas de aceitação da polpa ⁵Cor da polpa

⁶ Na coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem estatisticamente do tratamento completo.

A acidez causada pelos ácidos orgânicos é uma característica importante no que se refere à palatabilidade de muitas frutas. Os sólidos solúveis totais (SST), avaliados pelo °Brix, são constituídos principalmente de açúcares. A influência do potássio no teor de SST dos frutos, provavelmente é devida ao importante papel que este nutriente tem no transporte da sacarose.

A coloração da polpa do fruto também pode ser um atrativo ao consumo. Apesar de ser uma característica da variedade, a nutrição influencia esta característica. As deficiências de N ou de S causaram um branqueamento da coloração da polpa em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

Para a avaliação das propriedades organolépticas, pode-se empregar a Escala Hedônica, em que o provador expressa sua aceitação pelo produto seguindo uma escala previamente estabelecida, a qual varia gradativamente com base nos atributos: “gosta e desgosta”.

No teste de análise sensorial, os frutos de plantas com deficiência de N e K foram menos aceitos pelos provadores (Tabela 1). O sabor dos frutos é conferido pelo balanço entre sua doçura e sua acidez. Para a indústria, o teor de SST, avaliado em °Brix, não deve ser inferior a 10,5 e o teor de acidez não superior a 1,35% (expresso em ácido cítrico).

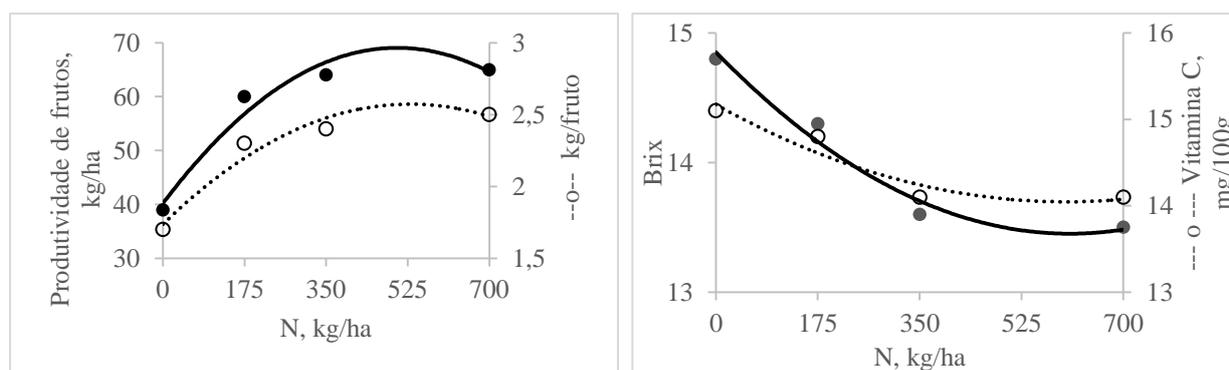


Figura 7 – Influência do nitrogênio na produtividade, no peso médio, no °Brix e na concentração de vitamina C de frutos de abacaxi (elaborada com dados de SPIRONELLO et al., 2004).

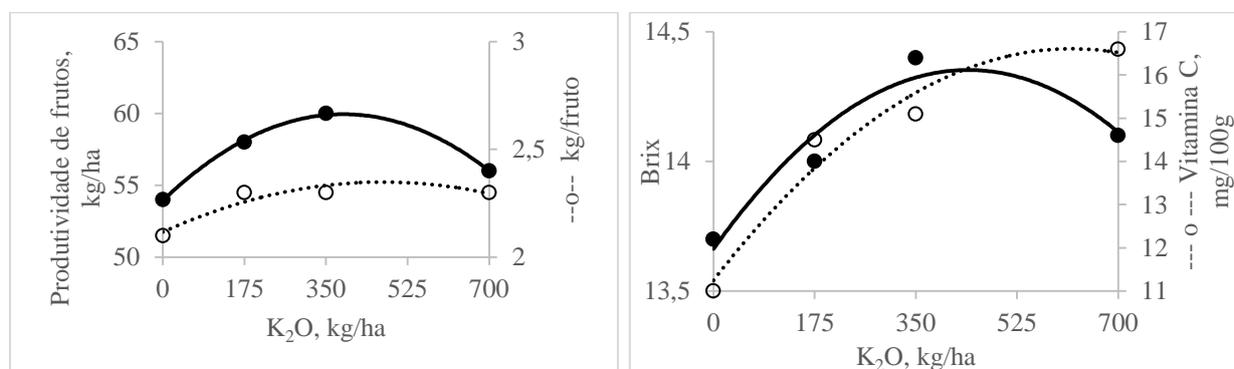


Figura 8 – Influência do potássio na produtividade, no peso médio, no °Brix e na concentração de vitamina C de frutos de abacaxi (elaborada com dados de SPIRONELLO et al., 2004).

Na população mundial, os minerais e as vitaminas mais frequentemente deficientes são o ferro, o iodo, o selênio, o zinco e a vitamina A (MORAES et al., 2009) e a vitamina D.

O suprimento de nutrientes em uma dada cultura pode alterar o teor de minerais nas partes comestíveis dos produtos agrícolas. Em vista das deficiências minerais na população mundial, além de outras medidas de segurança alimentar, programas de pesquisas têm sido desenvolvidos, também no Brasil, para a obtenção de cultivares com maiores teores de vitaminas e de micronutrientes nas partes comestíveis. Esses programas estão sendo chamados de biofortificação (MORAES et al., 2009). A biofortificação pode ser realizada por meio do melhoramento vegetal convencional ou biotecnológico e/ou por práticas agronômicas, dentre as quais se destaca a adubação. Esta última foi denominada de “biofortificação agrônômica”. Os vegetais não são ricos em vitamina A pré-formada (presente nos alimentos de origem animal), mas muitos vegetais e frutas contêm um precursor da vitamina A, o betacaroteno. Devido aos altos índices de carência de vitamina A na população do mundo, em países pobres e em algumas regiões asiáticas, onde o consumo de cereais é bastante alto e com pouca ingestão de produtos de origem animal, frutas e hortaliças, está sendo pesquisada a viabilidade da introdução de cultivares transgênicos de arroz, capazes de sintetizar e acumular altas quantias de betacaroteno nos grãos, conhecido como “arroz dourado”, em função da mudança na coloração com o acúmulo dessa substância (MORAES et al., 2009).

Atualmente, constata-se crescente interesse por alimentos funcionais, também chamados de fitoquímicos, os quais não são classificados como nutrientes pois não satisfazem a definição clássica de nutriente, ou seja, uma substância indispensável ao corpo para obter energia ou construir materiais (SIZER; WHITNEY, 2003). Contudo, há evidências de que os fitoquímicos podem realizar outras funções importantes relacionadas à prevenção de doenças ou estimular a absorção dos minerais pelo organismo humano. Na literatura encontram-se escritos que enfatizam que a dieta tem grande importância para a saúde do ser humano. Há um autor que propõe o uso do termo “alimentos” para definir os alimentos que funcionam como remédios nos tratamentos de certas doenças como, por exemplo, o câncer (SERVANSCHREIBER, 2008). Exemplos destes produtos são os carotenoides (alfa e betacaroteno, licopeno, etc.), flavonoides (flavona, isoflavona, etc.), além de outros. A adequada nutrição em potássio aumentou os teores de carotenoides totais e licopeno, diminuindo a de betacaroteno no suco de frutos de tomates (Figura 9).

Atualmente, tem havido grande interesse pela produção orgânica de alimentos, pois, acredita-se na sua qualidade nutricional superior. A revisão de Dangour et al. (2009) é bem esclarecedora sobre o assunto. Os autores revisaram mais de 50 mil artigos publicados nos últimos 50 anos e concluíram que não há diferenças significativas na qualidade nutricional de produtos agrícolas obtidos em sistemas de manejo convencional e orgânico (Tabela 2).

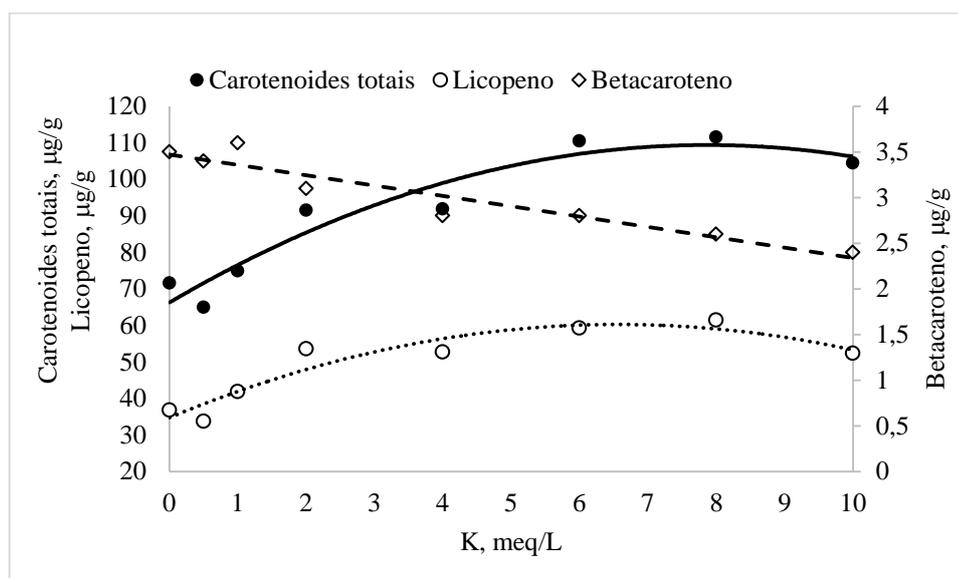


Figura 9 - Efeito do potássio sobre alguns fitoquímicos presentes na massa de frutos de tomate (elaborado com os valores obtidos em STEWART, 2001).

Tabela 2 – Efeito do manejo orgânico e convencional no conteúdo de minerais, vitaminas e outras substâncias em produtos agrícolas (DANGOUR et al., 2009).

Minerais e outros compostos	Número de pesquisas	Número de comparações	Maior teor no produto
Nitrogênio	7	64	Convencional
Fósforo	12	35	Orgânico
Potássio	12	34	Sem diferença
Cálcio	13	37	Sem diferença
Magnésio	13	35	Sem diferença
Zinco	11	30	Sem diferença
Cobre	11	30	Sem diferença
Sólidos Solúveis Totais	11	29	Sem diferença
Acidez Titulável	10	29	Orgânico
Vitamina C	14	65	Sem diferença

Valor industrial

A cana-de-açúcar é um bom exemplo da influência do efeito da nutrição sobre a qualidade da matéria prima para a indústria canavieira. Muitos são os fatores relacionados à composição do colmo, da qual depende a qualidade da matéria prima, além de fatores relacionados aos materiais estranhos ao colmo. Na composição do colmo, são avaliados dois aspectos: a riqueza em açúcares e o potencial de recuperação dos mesmos pela indústria.

A riqueza em açúcar é determinada pela POL (teor de sacarose aparente), pureza ($POL/Brix \times 100$), fibra (%), etc. Para a indústria, quanto maior a POL, melhor, sendo que teor de sacarose maior que 14 é considerado adequado (RIPOLI; RIPOLI, 2009).

Os ensaios realizados em diversas partes do mundo indicam que o nitrogênio e o fósforo aumentaram a produtividade de colmos e a POL, embora o nitrogênio em doses acima de 200 kg/ha causou diminuição no teor de sacarose por favorecer a vegetação, consumindo açúcar e a formação de mais aminoácidos e proteínas (Figura 10).

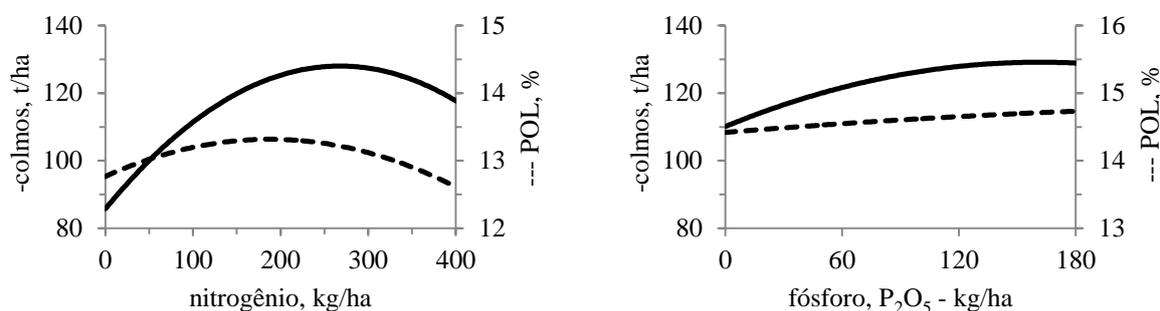


Figura 10. Efeito do nitrogênio (MALAVOLTA, 1994) e do fósforo (KORNDÖRFER, 1994) na produtividade e no teor de sacarose de colmos de cana-de-açúcar.

O fósforo no caldo da cana-de-açúcar tem papel importante no processo de clarificação. O caldo turvo e de coloração intensa tem como consequência um açúcar de pior qualidade e de menor valor comercial. O teor mínimo para uma boa floculação é de 200 mg/L e, caso o teor seja menor, adiciona-se fósforo ao caldo (KORNDÖRFER, 1994). O teor de fósforo no caldo extraído é influenciado pela adubação fosfatada (Figura 11).

O potássio também tem efeito na qualidade da cana-de-açúcar, principalmente relacionado ao teor de cinzas do caldo (Figura 12). Teor elevado de cinzas no caldo provoca efeitos negativos na fabricação de açúcar, reduzindo seu rendimento industrial e,

consequentemente, produzindo maior quantidade de mel final. Por outro lado, quando se trata da fabricação de álcool, os constituintes das cinzas agem como fornecedores de nutrientes para as leveduras.

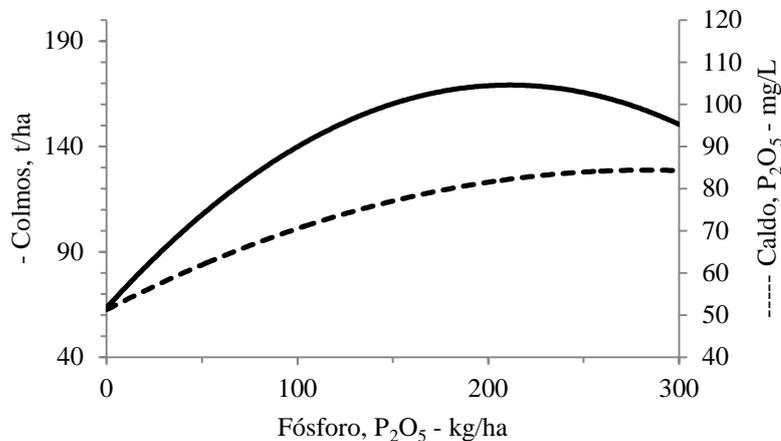


Figura 11 - Efeito da adubação fosfatada na produtividade de colmos e no teor de fósforo do caldo de cana-de-açúcar (PEREIRA et al., 1995).

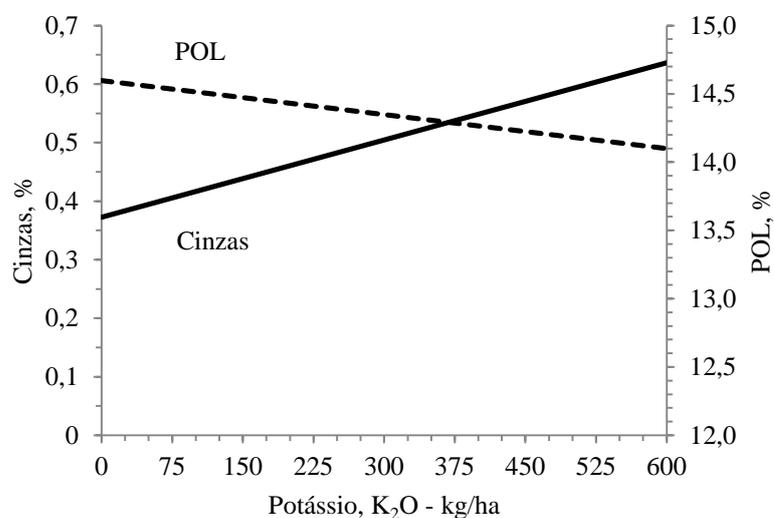


Figura 12 - Efeito do potássio na qualidade dos colmos e do caldo de cana-de-açúcar (Citado por KORNDÖRFER, 1994).

A arte de produzir e trabalhar a fibra do algodão é milenar, sendo esta a principal fibra têxtil. As características da fibra do algodão são determinadas principalmente por fatores genéticos, climáticos, etc., sendo que a nutrição da planta também é um fator a ser considerado. As propriedades físicas das fibras que dão indicação de sua qualidade são:

comprimento, uniformidade de comprimento, resistência e maturidade, além de algumas propriedades do fio, conforme mencionado por Silva et al. (1994). O potássio é o nutriente que mais influenciou na qualidade das fibras (Figura 13).

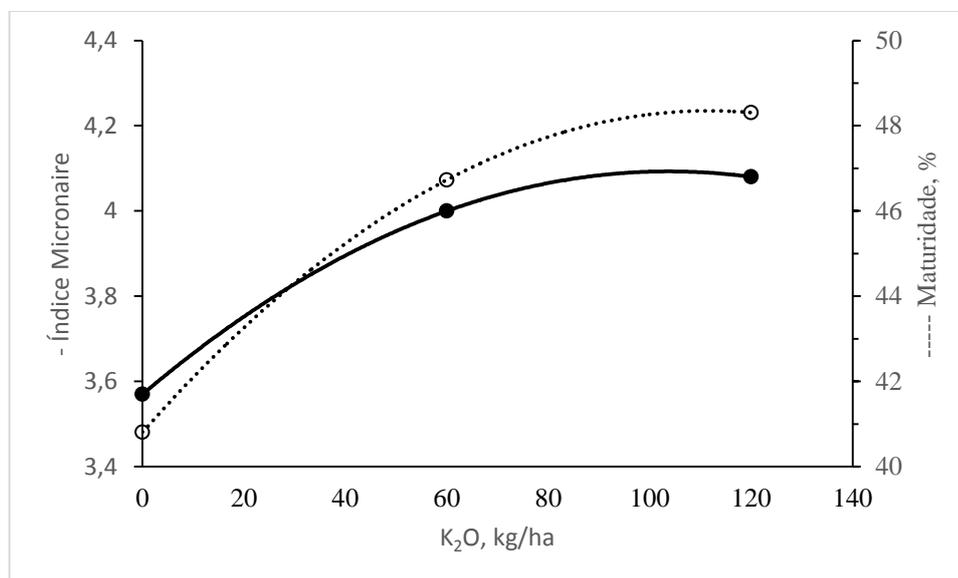


Figura 13 – Efeito da adubação potássica em características tecnológicas da fibra do algodoeiro (SABINO et al., 1984).

Valor estético

As flores enfeitam o ambiente. Na floricultura, a qualidade pode ser definida como o conjunto de atributos que fazem com que o produto se torne vendável. A aceitabilidade do produto pelos consumidores é avaliada por meio das características visuais de tamanho, forma e condição como sanidade, turgescência e maturidade (MAGALHÃES et al., 2004).

Como diz Cartola em sua música: “Queixo-me às rosas, mas que bobagem, as rosas não falam, simplesmente as rosas exalam o perfume que roubam de ti”.

Apesar da poesia, comercialmente o tamanho da haste floral é um parâmetro de qualidade. A nutrição desbalanceada pode depreciar a qualidade das rosas. Por exemplo, para rosas cultivadas em ambiente protegido, as doses de nitrogênio, na forma de nitrato de amônio aplicado ao solo, diminuíram o tamanho da haste floral, que é um dos parâmetros de qualidade (CASARINI; FOLEGATTI, 2006). Tal efeito, segundo os autores, foi devido à maior absorção radicular dos íons amônio (Figura 14).

A qualidade dos crisântemos está diretamente relacionada com o tamanho e a aparência das folhas, das hastes e das inflorescências. A qualidade das inflorescências é altamente dependente da adubação e do manejo do substrato no qual o crisântemo é cultivado. O

potássio tem se mostrado muito importante no desenvolvimento do crisântemo, desde as primeiras semanas de cultivo até a época de formação das inflorescências (SOUZA et al., 2007). Estes autores avaliaram o efeito do fornecimento do potássio através da fertirrigação na qualidade da inflorescência do crisântemo desenvolvido em vasos contendo fibra de coco (Figura 14). Constatou-se, neste caso, que o potássio promoveu melhoria em todas as variáveis de qualidade das plantas de crisântemo.

Esses poucos exemplos são suficientes para demonstrar a importância da nutrição equilibrada das plantas que produzem flores e que tanto embelezam nosso ambiente e também o planeta.

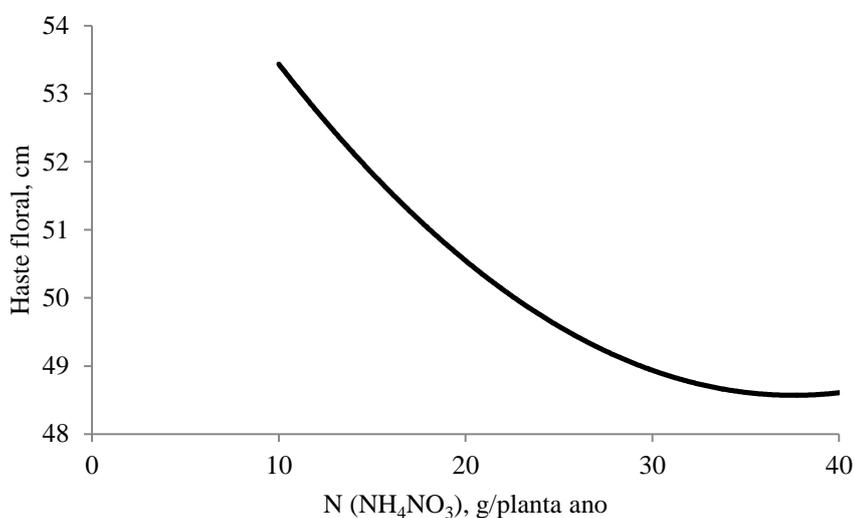


Figura 14. Efeito de doses de Nitrogênio no comprimento da haste floral de rosas (adaptado de CASARINI; FOLEGATTI, 2006).

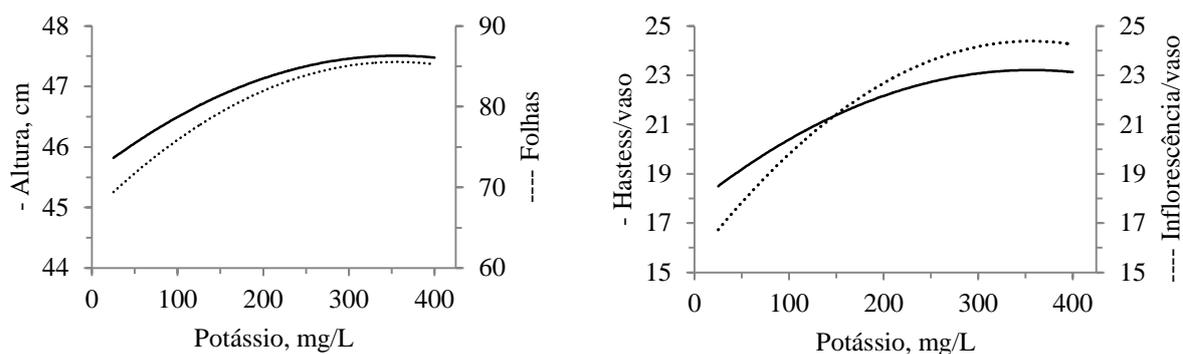


Figura 14 - Doses de potássio no desenvolvimento e em parâmetros qualitativos da produção de crisântemo em vasos contendo fibra de coco (SOUZA et al., 2007).

4 - Considerações finais

Neste princípio do século 21, com a disponibilidade de alimentos a população humana mundial continua aumentando em ritmo menos acelerado e está mais saudável do que nunca, como mostram o índice de expectativa de vida, que vem aumentando, e a porcentagem de indivíduos em situação de pobreza e a mortalidade infantil, que têm diminuindo ano após ano (HORTON et al., 2014; HORTON, LO; 2015). A população mundial deverá atingir, segundo estimativas, em 2024, 8 bilhões e em 2050, 9 bilhões de habitantes. No Brasil, a população de mais 173 milhões no ano 2000, atingiu mais de 205 milhões em 2015, e irá crescer para mais de 217 milhões em 2024 e será mais de 226 milhões em 2050. Haja alimento para alimentar a população!

Há necessidade de aumentar a produção de alimentos, que ocorrerá principalmente devido ao incremento das produtividades das culturas, sendo que um dos fatores preponderantes para estes aumentos é a alimentação das culturas para que elas manifestem todo o seu potencial genético produtivo. Haja “alimentos” para as culturas!

Os problemas decorrentes do uso de fertilizantes não devem ser omitidos. Em termos mundiais, a partir de 1960 até o final do século 20, o consumo aumentou 9 vezes para os fertilizantes nitrogenados e 3 vezes para o P. Os nutrientes contidos nos fertilizantes não são totalmente aproveitados pela cultura na qual são aplicados e podem contaminar o ecossistema. Muitas ameaças devido ao uso inadequado (muito ou pouco) de fertilizantes nitrogenados e fosfatados foram listadas pela “European Nitrogen Assessment” em publicação recente (SUTTON et al., 2013), das quais destacam-se: à qualidade da água (decorrente da

contaminação por nitrato e da eutroficação); à qualidade do ar (devido as emissões de NO_x e NH₃) e à qualidade do solo (devido ao excesso, causando a acidez do solo, no caso dos nitrogenados, ou devido à pouca quantidade de P aplicada levando a redução da fertilidade do solo). Um outro fato preocupante diz respeito ao P, que é obtido em jazidas de fosfato finitas que são encontradas em poucos países, o que coloca riscos potenciais quanto ao suprimento no futuro. Riscos similares ocorrem, também, para o suprimento de K e Zn; contudo, para o Zn os recursos atualmente identificados têm vida útil muito mais curta do que para o P e o K (SUTTON et al., 2013).

Para conseguir alimentar a população, a Mãe Terra tem sido explorada num ritmo sem precedentes, com conseqüentes mudanças ambientais, que refletem na deterioração do ambiente. A saúde humana é dependente da saúde do ambiente e, assim, para salvaguardar a saúde humana, temos que salvaguardar a saúde do ambiente.

Alguns estudiosos propõem uma nova época geológica, denominada de “Antropoceno”, demarcada como o momento em que as atividades humanas começaram a ter um substancial efeito global sobre sistemas da Terra.

Os conhecimentos de NMP são, e sempre serão, de fundamental importância para o aumento da disponibilidade de alimentos, fibra e energia. Há muitos obstáculos para serem vencidos pela humanidade, pois, em 2008/2010, uma em cada 8 pessoas do mundo não consumiu alimento suficiente para suprir a exigência mínima requerida de energia (FAO, 2015b), enquanto que o número de pessoas obesas superou o número dos que passam fome. Haja evolução do conceito de vida!

É desafiadora a responsabilidade profissional daqueles que atuam na área de produção de alimentos quanto ao uso das tecnologias disponíveis, a fim de que os alimentos sejam produzidos em quantidade e qualidade, mas sem causar prejuízo irreparável ao ambiente. Também faz parte desta responsabilidade, envidar esforços para que os alimentos estejam disponíveis para todos os seres humanos, sem falta e sem excesso. Todos os profissionais que atuam na área agrícola estão convocados para enfrentar este grande desafio com esperança e com a certeza de que iremos vencê-lo neste milênio que há pouco começou.

Todas as pessoas que trabalham na produção de alimentos deveriam desenvolver a consciência da importância do que eles produzem, pois favorecem o bem-estar e o desenvolvimento da humanidade. No passado, os estudiosos se obstinavam em descobrir a pedra filosofal para produzir ouro, mas hoje, todos aqueles que produzem alimento, deveriam se orgulhar não mais para produzir ouro, mas vida (CHARDIN, 1955), pois alimento é **vida**.

Vamos “sonhar” juntos com a ladainha da utopia (Pedroso, 2010; com grifos ou acréscimos nossos):

“Senhor da misericórdia infinita, ajudai-nos a construir um mundo novo:

Que ninguém morra de fome, que todos comam do que é bom e gostoso.

Que todos sejam de fato irmãos, sem divisões, sem ódios, sem racismos e com o maior respeito pelo diferente. Que não haja mais um terceiro mundo...um quarto... (onde falte alimento).

Que ninguém seja lançado em nenhum tipo de periferia da humanidade, (e passe fome).

Que nenhuma cultura seja esmagada (pela fome), mas integrada (e todos sentem a mesma mesa e juntos se alimentem)..... ”

Os profissionais que trabalham na produção de alimentos devem estar confiantes que estão contribuindo para que a utopia acima expressa se realize, e assim continuem a esperar um mundo novo onde as pessoas tenham alegria de viver, e todos tenham VIDA e “vida” (ALIMENTO) em abundância, condição necessária para todos viverem em paz.

5 - Referências

- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, manga, bananeira e mamoeiro. **Rev. Brasil. Frutic.**, Jaboticabal-SP, v.35, n.4, p.1214-1231, 2013.
- BAÑUELOS, G.S.; LIN, Z.Q. **Development and uses of biofortified agricultural products**. Boca Raton: CRC Press, 2008. 297 p.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FONSECA, J.R. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 13, p. 217-231.
- BATAGLIA, O.C. Nutrição Mineral de Plantas: A contribuição Brasileira. **O Agrônomo**, Campinas, v. 55(1), p. 40-43, 2003.
- BBC. Quantas pessoas podem viver no planeta terra? Documentário em 6 partes disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=ipTRmCkDPP4&list=PL65CF2CEF3F4FDB91&index=1>>. Acesso em: 7 out. 2015.
- BOARETTO, A. E.; MORAES, M. F. Contribuição da nutrição adequada para qualidade dos alimentos. In: PRADO, R.M. et al. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FAPESP/CAPES FUNDUNESP, p.9-44, 2010.
- BOARETTO, A. E.; ABREU JR., C. A.; LAVRES JR., J. (2014). Os desafios da nutrição mineral de plantas. In: PRADO, R.M.; WADT, P.G.S. **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, p.27-53, 2014.
- CARNEIRO, H. **Comida e sociedade: uma história da alimentação**. Rio de Janeiro, Editora Campus. 2003. 185 p.
- CASARINI, E.; FOLEGATTI, M.V. Aspectos importantes na nutrição mineral de rosas. In: FLOREZ, R. V. J.; FERNÁNDEZ, A.C.; MIRANDA, L.D.; CHAVES, C.B.; GUZMÁN, P.J.M. Avances sobre fertirriego en

- La floricultura Colombiana. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 2006. cap. 9, p. 163-178.
- CAZETTA, D.A.; FORNAZIERI FILHO, D.; ARF, O.; GERMANI, R. Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticale submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, p. 741-750, 2008.
- CHARDIN, P. T. **O Fenômeno Humano**. São Paulo, Editora Cultrix, 1986. 392 p.
- COSTA, L. V.; GOMES, M. F. M.; LIRIO, V. S.; BRAGA, M. J. **Produtividade agrícola e segurança alimentar dos domicílios das regiões metropolitanas brasileiras**. RESR, v. 51, p. 661-680, 2014.
- DANGOUR, A.D.; DODHIA, S.K.; HAYTER, A.; ALLEN, E.; LOCK, K.; UAUY, R. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.90, p.680-685, 2009.
- DIBB, D.W.; ROBERTS, T.L.; WELCH, R.M. Da quantidade para a qualidade – a importância dos fertilizantes na nutrição humana. **Informações Agronômicas**, n.111, p. 1-6, 2005.
- DIDONET, A.D. Revisão sobre aspectos fisiológicos envolvendo qualidade e teor proteico do grão de trigo. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 15, p. 249-255.
- DYER, G. **How long can the world feed itself?** 2014. Disponível em: <<http://www.resilience.org/stories/2006-10-28/how-long-can-world-feed-itself>> Acesso em: 1 dez 2015.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípio e perspectivas**. Londrina, Editora Planta. 2006. 403 p.
- ERISMAN, J. W.; SUTTON, M. A.; GALLOWAY, J.; KLIMONT, Z.; WINIWARTER, W. How a century of ammonia synthesis changed the world. **Nature Geoscience**, 1, p. 636 – 639. 2008
- FAO World food situation. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>> Acesso em: 12 nov. 2015a.
- FAO Statistical Yearbook of the Food and Agriculture. Disponível em: >http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CDQQFjADahUKEwi r4Lb4uYvJAhWB15AKHcTpDAY&url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Fdocrep%2F018%2Fi3107e%2Fi3107e02.pdf&usg=AFQjCNFZafmhvtpb3_9OiQnWGHUsAMbpsQ< Acesso em: 12 nov. 2015b.
- FAUST, M. Evolution of fruit nutrition during the 20th century. **HortSci**. v. 14, p. 321-325. 1979.
- Galloway JN, Townsend AR, Erisman JW et al (2008) Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions and potential solutions. **Science** v.320, p.889–892, 2008.
- HAGER, T. **The Alchemy of Air: A Jewish Genius, a Doomed Tycoon, and The Scientific Discovery that Fed the World but fueled the Rise of Hitler**. Broadway Books, 2008. 316 p.
- HAO, H.; WEI, Y.; YANG, X.; FENG, Y.; WU, C. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn: Concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). **Rice Science**, v.14, p.289-294, 2007.
- HORTON, R.; BEAGLEHOLE, R. B.; RAEBUM, J.; MCKEE, M.; WALL. S. From public to planetary health: a manifesto. **The Lancet**, v. 383, p. 847, 2014.
- HORTON, R.; LO, S. Planetary Health: a new Science for exceptional action. Published Online July 16, 2015 Disponível em: <[http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(15\)61038-8/abstract](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(15)61038-8/abstract)> Acesso em: 15 out. 2015.

- KORNDÖRFER, G.H. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 7, p. 133-142.
- MAGALHÃES, A.M.; HONÓRIO, S.L.; LEAL, P.A.M. Avaliação da qualidade das fores de corte utilizadas para a confecção de buquês. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 12., 2004, Campinas. Anais... Campinas: UNICAMP/CNPq. p. 241.
- MALAVOLTA, E. Nutrição de plantas, fertilidade do solo e adubos e adubação no Brasil – passado, presente e futuro. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 20, 1992, Piracicaba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1992, p. 1-40.
- MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos/função dos nutrientes na planta. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 1, p. 19-43.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. A história das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea. São Paulo, Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010, 568p. Disponível em: <www.ufrgs.br/pgdr/arquivos/790.pdf> Acesso em: 04/10/2015
- MORAES, M.F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. **Informações Agronômicas**, n.123, p. 21-23, 2008.
- MORAES, M.F.; NUTTI, M.R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J.L.V. Práticas agronômicas para aumentar o fornecimento de nutrientes e vitaminas nos produtos agrícolas alimentares. In: LANA, R.P.; MÂNCIO, A.B.; GUIMARÃES, G.; SOUZA, M.R.M. I Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável. Viçosa: Departamento de Zootecnia - UFV, 2009. cap.18, p.299-312.
- NUTRIÇÃO DE PLANTAS. Nutrição de Plantas: A chave para alta produção com qualidade. Disponível em: <<http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site>> Acesso em: 7 de out. 2015.
- PEDROSO, J.C.C. **Olhos do Espírito**. 4 ed., Piracicaba. Centro Franciscano de Espiritualidade, 2010. 269 p.
- PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B.; MORGADO, L.B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em Vertissolo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, p.43-48, 1995.
- PLOEG, R R.; BÖHM, W.; KIRKHAM, M.B. On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 63. p. 1055-1062, 1999.
- RAMOS, M.J.M. caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar imperial. 2006. 95 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. 2. ed. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2009. 333 p.
- ROTHAMSTED Rothamsted Research's Classical Experiments. Disponível em: <<http://www.rothamsted.ac.uk/long-term-experiments-national-capability/classical-experiments>>. Acesso em: 7 out. 2015.
- SÁ, M. E. & BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo, Ícone, 1994, 433p.

- SABINO, N.P.; SILVA, N.M.; SABINO, J.C.; KONDO, J.I. Efeito do parcelamento da adubação potássica nas características agronômicas e propriedades tecnológicas da fibra do algodoeiro. *Bragantia*, v.43,p. 221-228, 1984.
- SERVAN-SCHREIBER, D. *Anticâncer: Prevenir e vencer usando nossas defesas naturais*. Trad. Rejane Janowitzter, Rio de Janeiro: Objetiva Ltda. 2008. 284 p.
- SILVA, N.M.; KONDO, J.I.; SABINO, N.P. Importância da adubação na qualidade do algodão e outras plantas fibrosas. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. Importância da adubação e qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 12, p. 189-215.
- SIZER, F.S.; WHITNEY, E.N. **Nutrição**: conceitos e controvérsias. 8. ed. Trad. Nelson Gomes de Oliveira e outros, Barueri: Manole, 2003. 567 p.
- SMIL, V. **Enriching the Earth**: Fritz Haber, Carl Bosh, and the transformation of world food production. Cambridge, The MIT Press, 2001. 338 p.
- SOUZA, J.V.; RODRIGUES, C.R.; RODRIGUES, T.M.; ÁVILA, F.W.; BALIZA, D.P. Avaliação da qualidade de crisântemo cv. Puritan em resposta à adubação potássica e em diferentes substratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. Anais... Viçosa: SBCS. 1 CD, 4 p.
- SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; FURLANI, P.R.; SIGRIST, J.M.M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26,p.155-159, 2004.
- STEWART, W.M. Crop Nutrition and Functional Foods. News & Views Potash & PhosphateInstitute (IPI), 2001. 2p. Disponível em:
<[http://www.ipni.net/ppiweb/ppinews.nsf/0/83ed7c7675f7a43a85256b2600644c30/\\$FILE/Crop%20Nutrition.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ppinews.nsf/0/83ed7c7675f7a43a85256b2600644c30/$FILE/Crop%20Nutrition.pdf)> Acesso em: 14 out. 2015.
- SUTTON M.A., BLEEKER A., HOWARD C.M., BEKUNDA M., GRIZZETTI B., DE VRIES W., VAN GRINSVEN H.J.M., ABROL Y.P., ADHYA T.K., BILLEN G., DAVIDSON E.A, DATTA A., DIAZ R., ERISMAN J.W., LIU X.J., OENEMA O., PALM C., RAGHURAM N., REIS S., SCHOLZ R.W., SIMS T., WESTHOEK H. & ZHANG F.S., WITH CONTRIBUTIONS FROM AYYAPPAN S., BOUWMAN A.F., BUSTAMANTE M., FOWLER D., GALLOWAY J.N., GAVITO M.E., GARNIER J., GREENWOOD S., HELLUMS D.T., HOLLAND M., HOYSALL C., JARAMILLO V.J., KLIMONT Z., OMETTO J.P., PATHAK H., PLOCQ FICHELET V., POWLSON D., RAMAKRISHNA K., ROY A., SANDERS K., SHARMA C., SINGH B., SINGH U., YAN X.Y. & ZHANG Y. **Our Nutrient World**: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative. 2013. 116p.
Disponível em: <<http://www.scopenvironment.org/Latest%20News/ONW.pdf>> Acesso em: 14 out. 2015.
- WELCH, R.M.; GABELMAN, W.H. **Crops as sources of nutrients for humans**. Madison: SSSA/CSSA/ASA, 1984. 89 p.
- ZARATIN, C.; SOUZA, S.A.; PANTANO, A.C.; SÁ, M.E.; ARF, O.; BUZZETTI, S. Efeitos de quatro doses de potássio em seis cultivares de arroz de sequeiro irrigados por aspersão. I. Componentes de produção e produtividade. *Científica*,v.32,p.115-120, 2004.

