



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO  
AMBIENTE - PPGSHMA**

**Viviane Lansky Xavier**

**TEOR DE NITRATO EM ALFACES  
COMERCIALIZADAS NA CIDADE DO RECIFE  
PRODUZIDAS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE  
CULTIVO**

**Vitória de Santo Antão**

**2011**

**Viviane Lansky Xavier**

**TEOR DE NITRATO EM ALFACES  
COMERCIALIZADAS NA CIDADE DO RECIFE  
PRODUZIDAS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE  
CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em **Saúde Humana e Meio Ambiente**.

Área de Concentração: Saúde e Ambiente.

Orientador: Profa. Dra. Zelyta Pinheiro de Faro

Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Finkler

**Vitória de Santo Antão**

**2011**

Catálogo na fonte  
Sistema de Bibliotecas da UFPE - Biblioteca Setorial do CAV

X3t Xavier, Viviane Lansky  
Teor de nitrato em alfaces comercializadas na Cidade do Recife produzidas  
Sob diferentes sistemas de cultivo / Viviane Lansky Xavier. Vitória de Santo  
Antão: O Autor, 2011.  
Xi, 50 folhas:il.; tab.

Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e meio Ambiente) - Universidade  
Federal de Pernambuco. CAV, Saúde Humana e Meio Ambiente.

Orientador: Zelyta Pinheiro de Faro  
Co-orientador: Leandro Finkler

Inclui bibliografia e anexos.

1. *Lactuca sativa L.* - Cultivo convencional.. 2. Alface hidropônica- qualidade.  
3. Cultivo orgânico. I. Título. II. Faro, Zelyta Pinheiro de. III. Finkler, Leandro.

CDD (21.ed.) 631.84

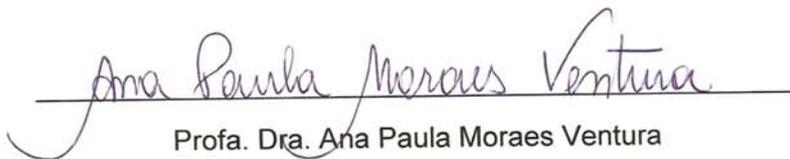
Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente – Mestrado Acadêmico

VIVIANE LANSKY XAVIER

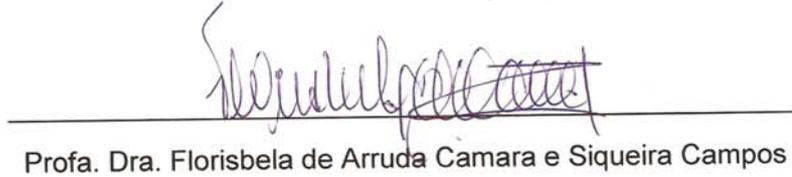
“TEOR DE NITRATO EM ALFACES COMERCIALIZADAS NA CIDADE DO RECIFE  
PRODUZIDAS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO”

DISSERTAÇÃO APROVADA em 18 de fevereiro de 2011

Banca Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ana Paula Moraes Ventura

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Roberto de Albuquerque Melo

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Florisbela de Arruda Camara e Siqueira Campos

Aos meus pais, Josué e Cleny,  
dedico.

## AGRADECIMENTOS

Toda a minha gratidão a Deus pela sua infinita graça, que me permitiu mais uma conquista.

Aos meus pais, Josué Xavier da Silva e Cleny Alves Lansky Xavier, pelo amor, dedicação, confiança, investimento e orações durante minha formação pessoal e profissional.

Aos familiares e amigos, de perto ou de longe, que sempre depositaram confiança em mim.

À amiga-irmã Aline Campos da Paz, pela amizade e presença em todos os momentos.

Às Biólogas Paula Braga Ferreira e Geórgia Fernanda Oliveira, que foram muito mais que colegas de turma, pela amizade, companheirismo, ajuda no laboratório e muitos momentos alegres.

À Professora Dra. Zelyta Pinheiro de Faro e ao Professor Dr. Leandro Finkler, pela orientação e apoio na condução deste trabalho.

Ao corpo docente do PPGSHMA, pelo conhecimento e experiências transmitidas e pelo incentivo a essa primeira turma de Mestres do Centro Acadêmico de Vitória.

Aos técnicos do Laboratório de Bromatologia, em especial a Sidicleia Bezerra Costa Silva, Danúbia Maria da Silva Freitas, Sílvio Assis de Oliveira Ferreira e Rafael Augusto Albuquerque Ribeiro, pelo auxílio na execução das análises.

À Maria Adalva Santos Siqueira e Ana Patrícia Campos de Lima, pela eficiência, dedicação e apoio oferecidos aos alunos do PPGSHMA.

E aos demais que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b>	vii
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	viii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	ix
<b>RESUMO</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>CAPÍTULO 1</b>	1
<b>1.1 Introdução</b>	1
<b>1.2 Objetivos</b>	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
<b>1.3 Revisão da Literatura</b>	4
1.3.1 Nitratos e a Saúde Humana	4
1.3.2 Nitratos e o Meio Ambiente	12
1.3.3 Sistemas de Cultivo e Acúmulo de Nitrato em Alface	14
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Teor de nitrato em alfaces convencionais, orgânicas e hidropônicas comercializadas em Recife, Pernambuco</b>	21
<b>Resumo</b>	22
<b>Abstract</b>	22
<b>Introdução</b>	23
<b>Material e Métodos</b>	25
<b>Resultados e Discussão</b>	26
<b>Conclusões</b>	29
<b>Agradecimentos</b>	30
<b>Referências</b>	31
<b>DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES</b>	36
<b>REFERÊNCIAS</b>	38
<b>ANEXOS</b>	xiii

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Teores de nitrato ( $\text{mg kg}^{-1}$ matéria fresca) em alfaces cultivadas em sistemas convencional, orgânico e hidropônico, comercializadas entre Novembro/2009 e Junho/2010, em Recife-PE	34
Tabela 2	Teores médios de nitrato ( $\text{mg kg}^{-1}$ matéria fresca) em alfaces cultivadas em sistemas convencional, orgânico e hidropônico segundo a região de origem, comercializadas entre Novembro/2009 e Junho/2010, em Recife-PE	35

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\text{Fe}_2^+$	Íon ferroso
$\text{Fe}_3^+$	Íon férrico
Kg	Quilograma
L	Litro
mg	Miligrama
$\text{N}_2$	Nitrogênio atmosférico
$\text{NADH}^+$	Nicotinamida adenina dinucleotídeo
$\text{NH}_4^+$	Íon amônio
$\text{NO}_3^-$	Íon nitrato
$\text{NO}_2^-$	Íon nitrito
NO	Óxido nítrico

## LISTA DE ABREVIATURAS

CEASA/PE	Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco
FAO	Organização Mundial para Agricultura e Alimentação
IMIDA	Índice de Máxima Ingestão Diária Admissível
MF	Matéria fresca
MS	Matéria seca
OMS	Organização Mundial de Saúde
pH	Potencial hidrogeniônico

## RESUMO

O teor de nitrato é um importante índice de qualidade dos alimentos devido à possibilidade de se formarem compostos prejudiciais à saúde resultantes da conversão do nitrato em nitrito, embora vários efeitos benéficos tenham sido relacionados ao consumo de nitrato nas doses comumente encontradas nos alimentos. Estima-se que 80% do nitrato ingerido diariamente pelo homem são fornecidos pelos vegetais. A alface, uma das hortaliças mais produzidas e comercializadas no Brasil, apresenta grande tendência em acumular nitrato em suas folhas, situação influenciada, dentre outros fatores, pelo sistema de cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de nitrato presente em alfaces comercializadas na cidade do Recife, produzidas por sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico, bem como verificar a procedência das hortaliças e as diferenças no acúmulo de nitrato entre alfaces de um mesmo tipo de cultivo provenientes de regiões diferentes. A amostragem foi realizada no período de novembro/2009 a junho/2010, sendo as hortaliças adquiridas no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco – CEASA/PE e em hipermercado. O teor de nitrato foi determinado colorimetricamente através do método do ácido salicílico. Os teores de nitrato encontrados variaram entre 135,96 a 1612,60 mg kg<sup>-1</sup> de peso fresco. As alfaces hidropônicas apresentaram valores significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) às alfaces cultivadas em sistema convencional e orgânico, cujos teores de nitrato não apresentaram diferença. O teor de nitrato não variou significativamente em relação às diferentes regiões de origem das alfaces, exceto para as hidropônicas. Os valores encontrados são inferiores ao limite máximo de nitrato permitido para alface, na Europa, o que indica boa qualidade das hortaliças para consumo.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L., cultivo convencional, cultivo orgânico, cultivo hidropônico, qualidade.

## ABSTRACT

Nitrate is an important index of food quality due to the possible harm to health resulting from the conversion of nitrate to nitrite, although a number of beneficial effects have been linked to consumption of nitrate in doses commonly found in foods. It is estimated that 80% of the nitrate ingested daily by man are supplied by vegetables. Lettuce, one of the leading vegetables produced and marketed in Brazil, has a great tendency to accumulate nitrate in their leaves, influenced, among other factors by cropping system. The purpose of this study was to evaluate the nitrate levels in lettuce sold in the city of Recife, produced by conventional, organic and hydroponic farming systems as well as to check the differences in nitrate accumulation of lettuce from the same type of culture from different regions. Sampling was carried out from November/2009 to June/2010. The vegetables were bought in Food Supply Centre of Pernambuco – CEASA/PE and hypermarket. The nitrate content was determined colorimetrically by the method of salicylic acid. The nitrate levels ranged between 135.96 to 1612.60 mg kg<sup>-1</sup> fresh weight. Hydroponic lettuce had significantly higher ( $p < 0.05$ ) in lettuce grown in organic and conventional system whose nitrate levels did not differ among each other. The nitrate content did not vary significantly among the different regions of origin of lettuce, except for aquaculture. The values are below the maximum allowed for nitrate lettuce in Europe, which indicates good quality of vegetables for consumption.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L., conventional farming, organic farming, hydroponics, quality.

# CAPÍTULO 1

## 1.1 Introdução

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é um composto que ocorre na natureza como parte do ciclo do nitrogênio, comumente encontrado na água e nas plantas, especialmente em hortaliças, ocorrendo em menor quantidade nas frutas, e utilizado pela indústria alimentícia como aditivo em produtos cárneos embutidos e curados para melhorar a conservação e aspectos organolépticos (TAMME *et al.*, 2010).

A toxicidade do nitrato em si é baixa, geralmente não apresentando efeitos prejudiciais a saúde humana e animal quando ingerido em pequenas quantidades (MCKNIGHT *et al.*, 1999). Entretanto, a concentração de nitrato nos alimentos tem sido considerada como um importante índice de qualidade devido aos possíveis efeitos prejudiciais à saúde resultantes da conversão do nitrato em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) (DU; ZHANG; LIN, 2007).

Cerca de 5 a 10% do  $\text{NO}_3^-$  ingerido na alimentação é convertido a  $\text{NO}_2^-$  ainda na saliva ou no trato gastrintestinal (BOINK; SPEIJERS, 2001). O nitrito pode levar a metahemoglobinemia, doença que provoca inibição do transporte de oxigênio pelo sangue, e a formação de compostos N-nitrosos, potencialmente cancerígenos, envolvidos especialmente em tumores gastrintestinais (MAYNARD *et al.*, 1976; GARÓFOLO *et al.*, 2004), embora estudos recentes mostrem efeitos benéficos da ingestão de nitratos para a saúde (GILCHRIST; WINYARD; BENJAMIN, 2010).

Os vegetais são a principal fonte de nitrato na dieta humana, correspondendo a cerca de 50-80% do total ingerido pelo homem (AMR; HADIDI, 2001; SCHÖDER; BERO, 2001; LAIRON, 2009). Dentre as hortaliças, espinafre, rabanete, beterraba, berinjela, aipo e alface são consideradas como as que normalmente apresentam as maiores concentrações de nitratos (GARÓFOLO *et al.*, 2004). O nitrato presente nos vegetais pode ter origem do nitrato adicionado como fertilizante ou formado no substrato pela mineralização ou

nitrificação, processo pelo qual as plantas obtêm o nitrogênio, elemento essencial ao metabolismo vegetal (MAYNARD *et al.*, 1976).

A assimilação do nitrato pelas plantas ocorre em maior parte nas folhas. A primeira etapa ocorre no citoplasma das células, onde o nitrato é reduzido a nitrito através da enzima nitrato redutase, tendo como agente redutor o  $\text{NADH}^+$ , originado na respiração; a segunda etapa ocorre nos cloroplastos, onde o nitrito é convertido em amônio pela ação da enzima nitrito redutase, tendo como agente redutor a ferredoxina, cujos elétrons são originados na fotossíntese. O amônio combina-se a compostos orgânicos para formação de aminoácidos e proteínas, exercendo papel funcional e estrutural nos processos metabólicos das plantas (LUZ *et al.*, 2008).

Alguns vegetais, especialmente hortaliças folhosas, como a alface, acumulam nitrato nos vacúolos dos tecidos quando há desequilíbrio entre absorção e assimilação do íon (ANDRIOLO, 1999; MATAALLANA GONZÁLEZ; MARTÍNEZ-TOMÉ; TORIJA ISASA, 2010). Os fatores relacionados podem ser genéticos, ambientais (luz, temperatura e umidade do ar), disponibilidade de molibdênio no solo, época e hora da colheita, e o sistema de cultivo com seus diferentes tipos, quantidades e formas de fertilizante nitrogenado (SANTAMARIA, 2006; LUZ *et al.*, 2008).

Estudos com alface conduzidos no Nordeste brasileiro são escassos (PORTO *et al.*, 2008). No entanto, várias pesquisas têm mostrado que a tendência de acúmulo de nitrato é proporcional à sua disponibilidade no sistema de cultivo, por isso, as hortaliças tendem a acumular mais nitrato na hidroponia do que no cultivo tradicional e orgânico, apesar de os teores encontrados serem bastante divergentes, possivelmente devido a aspectos metodológicos (LUZ *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2008).

Diante da importância da concentração de nitrato como índice de qualidade dos alimentos, considerando a divergência nos dados da literatura sobre o assunto e escassez de estudos conduzidos no Nordeste, este trabalho tem por objetivo quantificar o teor de nitrato presente em alfaces comercializadas na cidade do Recife provenientes de sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Quantificar o teor de nitrato em alfaces comercializadas na cidade do Recife cultivadas nos sistemas convencional, orgânico e hidropônico.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Determinar as diferenças no acúmulo de nitrato entre as alfaces cultivadas nos sistemas convencional, orgânico e hidropônico;

Verificar a procedência das alfaces cultivadas nos diferentes sistemas comercializadas na cidade do Recife;

Comparar os teores de nitrato entre as alfaces de um mesmo tipo de cultivo provenientes de regiões diferentes.

## 1.3 Revisão da Literatura

### 1.3.1 NITRATOS E A SAÚDE HUMANA

- **Exposição humana ao nitrato**

Nitratos estão naturalmente presentes no ambiente e em alimentos de origem vegetal, visto que a planta os utiliza como fonte de nitrogênio para seu crescimento (TAMME *et al.*, 2010). A concentração de nitritos em produtos vegetais frescos é geralmente baixa, mas em condições inadequadas de armazenamento pode aumentar significativamente. Nitratos e nitritos são também utilizados como aditivo alimentar em produtos cárneos curados, picles e defumados (GARÓFOLO *et al.*, 2004).

A água potável contém nitratos e nitritos devido à ocorrência natural e também a contaminação de origem agrícola. É cada vez mais crescente a concentração de nitratos nas águas subterrâneas devido ao uso intensivo de fertilizantes nitrogenados na agricultura associados ao manejo de irrigação inadequado, o que constitui risco ao meio ambiente e a saúde (MANTOVANI; FERREIRA; CRUZ, 2005a; ANDRADE *et al.*, 2009). Consequência disso é o aparecimento de nitratos e nitritos como contaminantes do leite, pois passam do solo para o pasto e para a água usados na alimentação bovina (SANTOS *et al.*, 2005). Outras fontes ambientais de nitrato e nitrito incluem fumaça de cigarro e escapamentos de automóveis. Esses e outros poluentes ambientais contêm óxidos de nitrogênio voláteis, alguns dos quais são convertidos em nitrato ou nitrito no organismo (NORMAN; KEITH, 1965; LUNDBERG *et al.*, 2004).

A exposição diária ao nitrato por parte da população em geral é essencialmente exógena, sendo os vegetais a principal fonte. A concentração de nitrato nesses alimentos pode variar de inúmeras formas, principalmente dependendo da espécie vegetal, mas também das condições de cultivo e práticas agrícolas (TAMME *et al.*, 2010). O nitrato também é formado endogenamente a partir do óxido nítrico presente no organismo (JEDLICKOVA; PALUCH; ALUSIK, 2002).

A exposição a nitritos é resultante principalmente da conversão de nitrato endógeno na saliva, pela ação microbiana, ou no trato gastrointestinal (BOINK; SPEIJERS, 2001). A

redução de nitrato a nitrito também pode ocorrer no próprio alimento dependendo das suas condições de manuseio pós-colheita, processamento e armazenamento, através da ação de bactérias e, ou ação da enzima nitrato redutase, especialmente em temperatura ambiente ou superior (TURAZI *et al.*, 2006; HSU; ARCOT; LEE, 2009).

Em geral, a ingestão diária de nitrato é aproximadamente 100 vezes a ingestão de nitrito (KELLEY; DUGGAN, 2003). Os riscos para a saúde relacionados ao consumo de fontes de nitrato são devidos à toxicidade direta do nitrito, isto é, sua capacidade de oxidar a hemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio pelo sangue, e a possibilidade de formar compostos N-nitrosos, potencialmente cancerígenos, além de efeitos teratogênicos (MCKNIGHT *et al.*, 1999). No entanto, vários estudos mostram efeitos benéficos da ingestão de nitratos para a saúde, relacionados com o óxido nítrico (NO) produzido a partir do nitrato (GILCHRIST; WINYARD; BENJAMIN, 2010).

De acordo com a Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO), para os humanos, o Índice de Máxima Ingestão Diária Admissível (IMIDA) para o nitrato é de 5 mg kg<sup>-1</sup> e de nitrito é 0,2 mg kg<sup>-1</sup> de peso corporal, recomendando não adicionar nitrito nos alimentos destinados a crianças com menos de seis meses de idade. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), a ingestão diária aceitável de nitrato, sem risco para a saúde, é de 3,65 mg dia<sup>-1</sup> por kg de peso corporal e 0,133 mg de nitrito por kg de peso corporal (LUZ *et al.*, 2008).

- **Nitrato e metahemoglobinemia**

A função biológica da hemoglobina é o transporte do oxigênio aos tecidos. O nitrito, proveniente do alimento ou da redução do nitrato, possui a capacidade de oxidar o ferro da hemoglobina ( $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ ) ao chegar a corrente sanguínea, produzindo a metahemoglobina, um pigmento de cor marrom-esverdeado, que é incapaz de transportar oxigênio (FERNÍCOLA; AZEVEDO, 1981; GANGOLLI *et al.*, 1994). A metahemoglobina produz um deslocamento à esquerda na curva de dissociação de oxigênio, causando hipoxemia (CHAN, 1996).

Níveis elevados de metahemoglobina caracterizam a metahemoglobinemia, ou doença do “sangue azul”, na qual há o impedimento do transporte de oxigênio dos alvéolos pulmonares aos tecidos, levando a anoxia e morte (WOLFF; WASSERMAN, 1972; SWANN, 1975). A concentração fatal de metahemoglobina é cerca de 70%, mas sinais e sintomas de anoxia podem ser observados em níveis inferiores a 50% (GOLDSTEIN *et al.*, 1974).

Os eritrócitos contêm normalmente pequenas quantidades de metahemoglobina, resultantes da oxidação espontânea e, por isso, dispõem de sistemas enzimáticos que reduzem a metahemoglobina em hemoglobina (GOLDSTEIN *et al.*, 1974). Entretanto, crianças pequenas, particularmente aquelas menores de três meses, possuem menor capacidade enzimática para realizar essa conversão, sendo mais suscetíveis a metahemoglobinemia, que é associada à morte infantil súbita (FERNÍCOLA; AZEVEDO, 1981). Além disso, crianças pequenas têm consideráveis quantidades de hemoglobina fetal, que é mais facilmente oxidada que a hemoglobina do adulto, e o pH estomacal é mais elevado, entre 5 e 7, o que permite a adaptação de bactérias redutoras de nitrato à parte alta do trato gastrointestinal e, assim, o nitrito resultante é absorvido (WINTON, 1971; GREER; SHANNON, 2005; SAVINO *et al.*, 2006). Recomenda-se que crianças com idade inferior a dois anos recebam o mínimo possível de hortaliças que acumulam nitrato (ARAÚJO; MIDIO, 1989).

No entanto, crianças mais velhas também apresentam risco. Na Espanha (SANCHEZ-ECHANIZ *et al.*, 2001), sete casos de metahemoglobinemia em crianças entre 7 e 13 meses foram atribuídos ao consumo de purês caseiros preparados com vários legumes e mantidos na geladeira por 12 a 27 horas. O ingrediente comum foi um tipo de beterraba produzido na região, com concentração média de nitrato de 3200 mg/kg. O nível de metahemoglobina variou entre 10% e 58%; três casos tiveram nitritúria, situação que pode sugerir o diagnóstico de metahemoglobinemia. Lu *et al.* (2005), relataram um menino de 8 anos que desenvolveu a doença após o consumo de alface que tinha sido deixada à temperatura ambiente por vários dias.

Apesar da baixa suscetibilidade dos adultos em desenvolver a metahemoglobinemia, há registros de casos na literatura chinesa envolvendo consumo de vegetais preparados e armazenados em condições impróprias (CHAN, 2011). Zhao e Zhang (1996) relataram um surto de metahemoglobinemia em 33 marinheiros que tinham ingerido legumes em conserva. Yu e Zhao (2000) relataram cinco casos devido à ingestão de vegetais cozidos que foram deixados durante a noite ou legumes salgados recém-preparados. Hu e Zhuang (2009) relacionaram 15 pacientes com idades entre 14 e 55 anos ao consumo de uma grande quantidade de hortaliças ricas em nitrato.

A dose letal para nitrito em adultos foi estimada entre 2 e 9 g/dia ou 33-250 mg/kg de peso corporal, enquanto a dose letal para os íons nitrato foi estimada em 20 g/dia, ou 330 mg de íons nitrato/kg de peso corporal/dia (GANGOLLI *et al.*, 1994). Embora seja improvável alcançar estes níveis tóxicos apenas através da ingestão alimentar, os efeitos

em longo prazo podem ser prejudiciais com base em estudos epidemiológicos e clínicos (HSU; ARCOT; LEE, 2009).

- **Nitrato e câncer**

As doenças e agravos não transmissíveis (DANT), dentre eles o câncer, têm sido responsáveis por mais de 50% das mortes e casos de incapacidade no mundo (ASCHUTTI; AZAMBUJA, 2004). A incidência e os tipos de câncer variam de nação para nação e o desenvolvimento resulta da interação entre fatores endógenos e ambientais (WALTERS, 1980). Dentre os fatores ambientais, a alimentação passou a ter atenção especial, devido a sua evidente relação com processos de mutagênese e carcinogênese. Cerca de 35% dos diversos tipos de câncer ocorrem em razão de dietas e estilos de vida inadequados (OLOGHOBO; ADEGEDE; MADUAGIWU, 1996; GARÓFOLO *et al.*, 2004).

A presença de alguns compostos químicos na água, ar e alimentos tem sido correlacionada com o desenvolvimento de certos tipos de neoplasias (WALTERS, 1980). Os alimentos são os principais, nos quais determinadas substâncias podem estar naturalmente presentes, serem intencionalmente adicionadas ou ainda se formarem durante a produção, armazenamento e preparo dos alimentos. Dentre esses compostos, nitratos e nitritos têm sido relacionados com o aparecimento de câncer (COSS *et al.*, 2004).

Os nitratos podem ser reduzidos a nitrito durante o armazenamento ou o processo digestivo. Devido à ausência da enzima nitrito redutase na cavidade oral, o nitrito é convertido no estômago a uma variedade de compostos de nitrogênio, sendo que os principais produtos são o óxido nítrico e os compostos N-nitrosos (DU; ZHANG; LIN, 2007).

No ambiente ácido do estômago, ocorre a reação entre um agente nitrosante e aminas, amidas ou alquiluréias. Nesse processo, o nitrito pode ser convertido em agentes de nitrosação ativos, que podem facilmente reagir com aminas secundárias para produzir os compostos N-nitrosos – nitrosaminas e nitrosamidas – que diferem na estabilidade, carcinogenicidade e mutagenicidade, podendo ser biotransformadas para produzir radicais livres alquilantes (ARCHER, 1989; JÄGERSTAD; SKOG, 2005). Compostos N-nitrosos têm se mostrado cancerígenos em mais de 40 espécies animais (GANGOLLI *et al.*, 1994).

Diferenças individuais na redução oral de nitrato em nitrito são um fator significativo na formação gástrica de compostos nitrosos (SHAPIRO; HOTCHKISS; ROE, 1991). Carnes curadas com nitrito, tais como bacon, salsicha, peixes secos, alguns queijos, vegetais em conserva e bebidas alcoólicas maltadas podem conter nitrosaminas pré-formadas.

Nitrosaminas também podem ser inaladas através da fumaça resultante da fritura de carnes curadas (KUMAR; MCLAY, 1998).

Estudos epidemiológicos sugerem que a alta ingestão de agentes nitrosantes e a formação intragástrica de N-nitrosaminas podem estar associadas com um alto risco de câncer gástrico, hepático, esofágico e de bexiga (BARTSCH *et al.*, 1990; SIDDIQI *et al.*, 1992; WU *et al.*, 1993; STEFANI *et al.*, 1998; MITACEK *et al.*, 1999; KIM *et al.*, 2002). Animais experimentais que receberam dieta rica em compostos N-nitrosos apresentaram câncer gastrointestinal (MAYNARD *et al.*, 1976). Ingestão elevada de nitrato foi associada com câncer gástrico na Inglaterra, Colômbia, Chile, Japão, Dinamarca, Hungria e Itália (FORMAN; SHUKER, 1997).

Tem sido postulado que o aumento do risco de câncer de estômago associado ao consumo de compostos nitrosos está relacionado ao aumento dos radicais livres que promovem lesão celular com redução na produção de muco, que é protetor da mucosa gástrica, sendo que o próprio nitrito pode induzir a formação tumoral por ser um óxido desestabilizado, o que aumenta a produção de radicais livres (GARÓFOLO *et al.*, 2004).

Estudo de Moriya *et al.* (2000) investigou as concentrações luminais de óxido nítrico em diferentes regiões anatômicas do estômago de humanos após a ingestão de 2 mmol de nitrato, quantidade equivalente a uma porção de salada. Os autores detectaram maiores concentrações de óxido nítrico na junção gastroesofágica, proveniente da conversão do nitrito em contato com o meio ácido estomacal, sugerindo relação positiva entre altos níveis de óxido nítrico e a elevada incidência de mutagênese nesta região anatômica.

No entanto, a associação entre consumo elevado de nitratos e nitritos e aparecimento de tumores ainda é controversa na literatura (LUZ *et al.*, 2008). Leifert *et al.* (1999) afirmam que não existem evidências epidemiológicas que comprovem a ligação do nitrato dietético com o câncer causado por nitrosaminas. Mengel e Kirkby (2001) afirmam que, se há síntese de nitrosaminas a partir do nitrito no trato digestivo de humanos, a quantidade produzida é extremamente baixa, na ordem de 1: 20000.

Joossens *et al.* (1996) estudaram a relação entre sal dietético, nitrato e mortalidade por câncer gástrico em 24 países e demonstraram que a ingestão de nitrato tornou-se um fator de risco aumentado para câncer gástrico quando o consumo de sal também foi alto. Assim, o consumo de carnes curadas, que também contém elevadas quantidades de sal, representa maior risco (KELLEN; DUNGAN, 2003).

Evidência indireta indica, através de estudos epidemiológicos ou nutricionais, que dietas ricas em vegetais, embora importantes fontes de nitrato, são associadas com a diminuição do risco de câncer (WHO, 1996). A evidência para este fato é a dieta dos

vegetarianos, que consomem cerca de três vezes mais nitrato que os onívoros e apresentam as menores taxas de mortalidade por câncer gástrico (KEY *et al.*, 1996).

É interessante referir que uma dieta rica em nitrito parece não contribuir para um risco acrescido de câncer, se essa for também rica em antioxidantes provenientes do consumo de frutas e vegetais (KELLEY; DUGGAN, 2003). Fatores protetores, tais como ácido ascórbico e  $\alpha$ -tocoferol, presentes nesses alimentos, são conhecidos como inibidores da formação de compostos N-nitrosos (MIRVISH, 1994; TERRY; TERRY; WOLK, 2001; IL'YASOVA *et al.*, 2009). Regiões com alto risco para câncer gástrico muitas vezes coincidem com uma baixa ingestão de alimentos que contenham vitamina C (HSU; ARCOT; LEE, 2009).

Estudo experimental conduzido por Ebata *et al.*, (1995), com o objetivo de avaliar a relação entre consumo de vegetais e mutagenicidade, encontrou aumento proporcional no percentual de inibição da mutagênese de acordo com o aumento do conteúdo de nitrato nos vegetais utilizados na dieta dos animais (espinafre e nabo).

Huncharek, Kupelnick e Wheeler (2003) desenvolveram uma metanálise na qual foram incluídos dados de nove estudos caso-controle, envolvendo um total de 3839 indivíduos (1645 casos e 2194 controles). Nesse estudo não foi encontrada associação entre a ingestão de legumes com elevado teor de nitrato e tumores de cérebro, sendo especulado que certas vitaminas presentes nesses alimentos podem ter efeito protetor, evitando que o nitrato seja utilizado para formar compostos N-nitrosos.

Coss *et al.* (2004), avaliando a ingestão de nitrato e nitrito através de água e alimentos e o risco de desenvolvimento de câncer de pâncreas, não observaram associação entre o risco de câncer de pâncreas e aumento dos níveis de nitrato na água potável pública. O nitrato dietético de origem vegetal não foi associado com um risco aumentado de câncer de pâncreas e entre as mulheres o aumento da ingestão de vegetais foi associado com a diminuição do risco. Por outro lado, maior consumo de nitrito derivado de fontes animais foi associado com risco aumentado de câncer de pâncreas entre homens e mulheres, evidenciando os fatores inibidores de nitrosação presentes nos vegetais.

Milkowski *et al.* (2010) afirmam que muitas pesquisas epidemiológicas relacionando nitrato e câncer são contraditórias e concluem que não há riscos evidentes da ingestão de nitrato e nitrito, uma vez que as maiores fontes são os vegetais, conhecidos promotores da saúde.

- **Nitrato e teratogenicidade**

Substâncias nitrosantes podem afetar a alquilação e transcrição do DNA, por isso algumas hipóteses sugerem que a ingestão crônica de elevadas concentrações de nitrato por uma gestante pode atingir o feto por mutação de células germinativas ou por transmissão transplacentária de compostos nitrosos cancerígenos (MCKNIGHT *et al.*, 1999).

Estudos com hamsters grávidas alimentadas com grandes doses de nitrito de sódio mostraram aumento de tumores de origem neural no feto, porém, os mesmos efeitos não foram observados com a ingestão crônica de doses elevadas de nitrato (INUI *et al.*, 1979). Doses muito altas de nitrato podem causar anoxia fetal quando a mãe tem níveis elevados de metahemoglobina (GELEPERIN; JACOBS; KLETKE, 1971).

Manassaram, Backer e Moll (2007), num estudo de revisão sobre exposição materna a nitratos na água potável e desenvolvimento reprodutivo, afirmam que, apesar de não haver evidência epidemiológica clara, algumas notificações sugerem associação entre exposição a nitratos na água potável e abortos espontâneos, restrições ao crescimento intrauterino e vários defeitos congênitos.

Uma revisão dos dados obtidos em animais não forneceu evidências de efeito teratogênico atribuível à ingestão de nitrato ou nitrito (FAN; WILLHITE; BOOK, 1987). Efeitos reprodutivos adversos relatados ocorreram em doses que foram cerca de mil vezes maior que a estimativa da ingestão humana. Mcknight *et al.* (1999) afirmam que a extrapolação de estudos animais sugere que doses elevadas de nitrito podem ter potencial mutagênico no homem, mas nitrato, por si só, não parece ter efeito teratogênico.

- **Benefícios do nitrato para a saúde humana**

Apesar de existirem várias pesquisas evidenciando os efeitos prejudiciais da ingestão de nitrato, alguns estudos estão se voltando para refutar essas suspeitas, inclusive apontando possíveis efeitos benéficos do nitrato para a saúde em doses comumente ingeridas nos alimentos, principalmente em relação à defesa contra microrganismos patogênicos, como *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Helicobacter pylori* (MCKNIGHT *et al.*, 1999; ARCHER, 2002). A adição de nitrito em ácido, nas concentrações encontradas na saliva após uma refeição com vegetais de folhas verdes, torna o ácido gástrico bactericida (DYKHUIZEN *et al.*, 1996). Bactérias cariogênicas e leveduras, como *Candida albicans*, são sensíveis ao nitrito acidificado (DOUGALL *et al.*, 1995; SILVA MENDEZ, 1999).

Outro efeito do nitrito na saúde humana é a formação de vários compostos biologicamente ativos, dentre eles o óxido nítrico, cuja importância fisiológica deve-se ao fato de poder atuar como um importante segundo mensageiro, ativando ou inibindo diversas moléculas-alvo envolvidas em processos tão diversos quanto a regulação do tônus vascular, controle imunológico da relação patógeno-hospedeiro e neurotransmissão (BARRETO; CORREIA; MUSCARÁ, 2005).

Estudos experimentais em animais e estudos clínicos em humanos indicam claramente que o óxido nítrico tem um papel protetor importante no estômago, através da redução de infecções gastrointestinais, melhora do fluxo sanguíneo local e aumento da espessura da barreira mucosa gástrica (MCKNIGHT *et al.*, 1997; LUNDBERG *et al.*, 2004). Uma vez que o óxido nítrico apresenta propriedades vasodilatadoras (BOINK; SPEIJERS, 2001), o nitrito dietético tem sido considerado como um fator com potencial para reduzir a pressão arterial e prevenir danos aos órgãos, e pode explicar, pelo menos em parte, o mecanismo de indução dos efeitos hipotensores e de proteção aos órgãos da dieta DASH, rica em vegetais, frutas e pobre em gordura saturada, recomendada como abordagem dietética para hipertensão (TSUCHIYA *et al.*, 2010, SOBKO *et al.*, 2010).

O consumo de nitrato pode reforçar a função das plaquetas, prevenindo episódios trombóticos, pois o óxido nítrico é um inibidor da agregação plaquetária (MCKNIGHT *et al.* 1999). Suplementação dietética de nitrato através de suco de beterraba resultou em uma significativa inibição da agregação plaquetária e redução da pressão arterial (WEBB *et al.*, 2008). Outro papel do óxido nítrico é a manutenção da função endotelial, uma vez que sua redução é intimamente relacionada com doenças cardiovasculares (VANHOUTTE, 2009).

Carlström *et al.* (2010), baseados no fato de que na síndrome metabólica há uma diminuição na quantidade de óxido nítrico biodisponível, administraram em animais experimentais uma dose de nitrato de sódio equivalente ao consumo de vegetais por humanos e demonstraram um aumento de óxidos de nitrogênio bioativos nos tecidos e no plasma. O tratamento crônico com nitrato reduziu o acúmulo de gordura visceral, os níveis circulantes de triglicerídeos, inverteu o fenótipo pré-diabético e reduziu a pressão arterial nos animais.

Outro benefício relacionado ao consumo de nitrato e nitrito é a melhora do desempenho no exercício físico via formação de óxido nítrico. Larsen *et al.* (2007) realizaram suplementação dietética com nitrato de sódio por 3 dias em indivíduos saudáveis e relataram melhor eficiência muscular e uma redução no consumo de oxigênio durante o exercício submáximo. Bailey *et al.* (2009) mostraram redução no consumo de oxigênio em

um determinado volume de trabalho com aumento do tempo de exaustão quando os voluntários receberam nitrato em forma de suco de beterraba.

São necessários mais estudos evidenciando a relação entre nitratos e a saúde para que haja orientação sobre a quantidade a ser ingerida na dieta. Gilchrist, Winyard e Benjamin (2010) concluem sua revisão sobre riscos e benefícios da ingestão de nitratos afirmando que se espera para os próximos anos a possibilidade de identificar indivíduos que vão certamente ser beneficiados com o aumento do nitrato na dieta, como aqueles com hipertensão arterial e aterosclerose, e, inversamente, indivíduos que devem evitar alimentos contendo alta concentração de nitrato, como aqueles com displasia do esôfago.

### 1.3.2 NITRATOS E O MEIO AMBIENTE

O nitrogênio é o elemento mais abundante presente na atmosfera, cerca de 78%, onde se encontra sob a forma de gás ( $N_2$ ). Nas plantas, ele exerce funções metabólicas importantes ao crescimento e desenvolvimento dos cultivos. Os vegetais apenas conseguem usar o nitrogênio sob três formas: íon amônio ( $NH_4^+$ ), íon nitrito ( $NO_2^-$ ) e íon nitrato ( $NO_3^-$ ). O processo de conversão envolve várias etapas e configura o ciclo de nitrogênio. Em condições naturais o nitrogênio atmosférico pode ser fixado (forma disponível) através de descargas elétricas na atmosfera, que o fixa como  $NO_3^-$ , ou por bactérias fixadoras de nitrogênio. Assim, o nitrogênio é fixado tanto na forma de nitrato como de amônio. Entretanto, o nitrato é a forma mais disponível para as plantas (LUZ *et al.*, 2008).

A produção de fertilizantes artificiais possibilitou a intensificação da agricultura e o incremento na produção de alimentos. Uma vez que o adequado suprimento de nitrogênio está associado à alta atividade fotossintética e ao crescimento vegetativo vigoroso, é comum a aplicação de altas doses de fertilizantes nas plantações (FILGUEIRA, 2000). Os impactos ambientais provocados pelos fertilizantes nitrogenados, bem como pesticidas e sais presentes nas áreas irrigadas, vêm se tornando uma preocupação crescente, uma vez que estes podem se mover no solo até atingirem águas subterrâneas, dependendo de fatores edafoclimáticos e dos métodos de irrigação (BARTON *et al.*, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2007; ANDRADE *et al.*, 2009).

O nitrato não é adsorvido pelos componentes das frações do solo, razão pela qual os íons se deslocam facilmente na solução do solo, podendo ser absorvidos pelas raízes e translocados às folhas, onde se acumulam através da transpiração, ou lixiviados aos

mananciais subterrâneos (AYRES; WESTCOST, 1999; PHILLIPS; BURTON, 2005; CORREA *et al.*, 2006). Nos países e regiões com alta concentração de pastagem, a maior parte do nitrato em águas superficiais e subterrâneas é derivada de fontes agrícolas, por exemplo, na Inglaterra, com teores de até 60% (AGENCY ENVIRONMENT, 2002).

A contaminação de rios, lagos e lençóis de água subterrâneos por nitrato caracteriza o fenômeno da eutrofização, ou seja, o excesso de  $\text{NO}_3^-$ , comprometendo a qualidade das águas (GALLOWAY; COWLING, 2002; TAYLOR; TOWNSEND, 2010). Outros fatores implicados são esgotos domésticos (fossas etc.), lixo, dejetos de animais, compostos emitidos por automóveis e despejos industriais (SHUVAL; GRUENER, 1972). O nitrato, após penetrar no solo, permanece nas águas subterrâneas por décadas (SPALDING; EXNER, 1993; USGS, 1999).

A lixiviação do nitrato é influenciada pela quantidade de adubo aplicado, tipo de adubação, exigência e absorção de nitrogênio pelas plantas, quantidade e frequência de precipitação pluvial, manejo da irrigação, condições de drenagem e dinâmica das transformações do nitrogênio como mineralização, imobilização e desnitrificação (JARVIS; MENZI, 2004; SCHRÖDER *et al.*, 2010). Solos arenosos e pobres de matéria orgânica possuem baixa capacidade para reter o nitrato, que, livre na solução do solo, fica sujeito à lixiviação para as camadas mais profundas (UFC, 1993).

A contaminação das águas subterrâneas por lixiviação do nitrato oriundo das áreas agrícolas vem se tornando um risco à saúde pública, pois são a principal fonte de água potável de inúmeros municípios brasileiros (ALABURDA; NISHIHARA, 1998). Segundo Muchovej e Rechcigl (1995), águas com concentração de  $\text{NO}_3^-$  acima de  $3 \text{ mg L}^{-1}$  são consideradas contaminadas. Entretanto, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceu, quanto à água potável, concentração máxima aceitável de  $\text{NO}_3^-$  de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  (BORCHERDING *et al.*, 2000), mesmo valor recomendado pela legislação brasileira (BRASIL, 2004).

A concentração de nitratos na água potável é influenciada pela origem da água. Poços rasos (<100 metros abaixo da superfície da terra) localizados em regiões muito irrigadas e com quantidades elevadas de insumos nitrogenados, por exemplo, próximos a áreas agrícolas, apresentam aumento na concentração de nitrato nas águas (SPALDING; EXNER, 1993; USGS, 1996b). Poços privados geralmente são superficiais, menores e mais próximos a fontes de contaminação por nitratos, enquanto os poços de abastecimento público são mais profundos, apresentando menor contaminação (USGS, 1996a).

Estudo conduzido no Ceará identificou teores de nitrato nas águas de poços localizados em campos irrigados acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação

vigente, variando de 1,52 a 19,3 mg L<sup>-1</sup>, o que evidencia a influência direta da agricultura irrigada sobre a qualidade da água de consumo, uma vez que as águas dos poços localizados em área de mata nativa não excederam o limite (ANDRADE *et al.*, 2009). Em áreas exploradas com agricultura irrigada, a concentração de nitrato nas águas do lençol freático, algumas vezes, excede 200 mg L<sup>-1</sup> (MUÑOZ-CARPENA *et al.*, 2002; CHOWDARY *et al.*, 2005).

Assim, a utilização dos recursos hídricos e dos fertilizantes nitrogenados pode ser melhorada com a adoção de um manejo de irrigação adequado ao tipo de solo, sendo necessários mais estudos sobre o tema.

### 1.3.3 SISTEMAS DE CULTIVO E ACÚMULO DE NITRATO EM ALFACE

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, é uma planta originária da Ásia e trazida para o Brasil pelos portugueses no século XVI (FELTRIN *et al.*, 2005). Possui grande importância na alimentação e saúde humana, destacando-se como fonte de vitaminas e sais minerais, além de possuir baixo valor calórico, sabor agradável e refrescante. Apresenta ainda efeito calmante, diurético e laxante (MOGHARBEL; MASSON, 2005). O consumo da alface geralmente é feito *in natura*, na forma de saladas cruas e sanduíches, o que preserva seus componentes nutricionais (LOPES *et al.*, 2005).

A cultura da alface apresenta expressiva importância econômica. Atualmente, constitui o grupo de hortaliças folhosas de maior consumo e comercialização no Brasil, com cerca de setenta e cinco cultivares comerciais, das quais aproximadamente dezoito são nacionais (LOPES *et al.*, 2005). Em todo o país, são cultivados cerca de 30 mil hectares de alface, sendo responsável pela geração de 60 mil empregos diretos (GRANGEIRO *et al.*, 2006). Apresenta facilidade de aquisição, baixo custo e produção durante todo o ano (PORTO *et al.*, 2008). Segundo o último Censo Agropecuário (IBGE, 2006), o país produziu 525.603 toneladas de alface em 2006, sendo que 10,6% desse total correspondem à produção na região Nordeste. O estado de Pernambuco é o 2º colocado no ranking da região, com produção estimada em 12.531 toneladas de alface.

As regiões de plantio são amplas e situam-se normalmente próximas ao mercado consumidor devido a elevada perecibilidade do produto no período pós-colheita. Suas características intrínsecas, como adaptação as condições climáticas e ciclo curto,

possibilitam a sua produção em diversas formas cultivo – convencional, orgânica e hidropônica (MOGHARBEL; MASSON, 2005; PORTO *et al.*, 2008).

Por ser uma hortaliça folhosa, a alface reage bem à adubação nitrogenada, apresentando maior massa e maiores acúmulos de macronutrientes nas folhas com doses elevadas de nitrogênio, melhorando o rendimento e agregando valor comercial ao produto (LUZ *et al.*, 2008). Por outro lado, a adubação excedente as necessidades da cultura contribui para a elevação dos custos e coloca em risco a qualidade da produção (PORTO *et al.*, 2008).

Na região Nordeste do Brasil, o cultivo da alface é tradicionalmente realizado por pequenos produtores, sendo comum a aplicação de elevadas quantidades de adubo nitrogenado, o que pode favorecer o acúmulo de nitrato, independente da fonte de adubo ser mineral ou orgânica (OHSE *et al.*, 2009), uma vez que a alface possui grande disposição genética para acumular o íon (MANTOVANI; FERREIRA; CRUZ, 2005b; LIMA *et al.*, 2008). Segundo Santamaria (2006), a alface está entre as espécies de hortaliças que contêm níveis de nitrato muito elevados, maiores que  $2500 \text{ mg kg}^{-1}$  de matéria fresca.

Os níveis aceitáveis de nitrato em alface não são estabelecidos pela legislação brasileira, sendo adotados índices europeus. A Comunidade Européia estabeleceu como limite máximo permitido para alface cultivada em ambiente protegido teores de  $3500 \text{ mg kg}^{-1}$  na massa fresca (MF) para o período do verão e  $4500 \text{ mg kg}^{-1}$  para o período do inverno. Para o cultivo no campo, o teor máximo é de  $2500 \text{ mg kg}^{-1}$  (LUZ *et al.*, 2008; PORTO *et al.*, 2008). No entanto, os teores variam em alguns países da Europa, como Alemanha, Áustria, Suíça e Itália (OHSE *et al.*, 2002).

Como vários fatores interagem entre si em relação ao acúmulo de nitrato, algumas medidas têm sido estudadas e merecem atenção no sentido de reduzir o seu teor em alface. Citam-se como exemplos: adequar a adubação nitrogenada, realizar a colheita em horários de maior intensidade luminosa, atentar para as condições de armazenamento, selecionar cultivares com menor potencial de acúmulo e controlar os efeitos ambientais buscando ativar o processo assimilatório de nitrato (TURAZI *et al.*, 2006).

Vários estudos avaliando o acúmulo de nitrato em alfases cultivadas de forma convencional, orgânica e hidropônica nas condições climáticas do Brasil mostram que, apesar de bastante divergentes, os valores encontrados não ultrapassam os limites tolerados pela Comunidade Européia (BENINNI *et al.*, 2002; COMETTI *et al.*, 2004; STERTZ *et al.*, 2005; TURAZI *et al.*, 2006; FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2008; PORTO *et al.*, 2008; LUZ *et al.*, 2008), não constituindo, portanto, risco a saúde humana.

- **Cultivo convencional e orgânico**

A agricultura convencional é aquela na qual os vegetais crescem no solo com aporte adequado de nutrientes, água e uso freqüente de fertilizantes para uma melhor produtividade e defensivos agrícolas para o controle de pragas e doenças (GUADAGNIN; RATH; REYES, 2005). Os adubos químicos, no entanto, apresentam o inconveniente de serem hidrossolúveis e, por isso, podem ser lixiviados pelas águas da chuva e irrigações, contaminando, conseqüentemente, o lençol freático, rios e lagos (MANTOVANI; FERREIRA; CRUZ, 2005a).

Além disso, o uso indiscriminado de pesticidas apresenta sérios problemas à saúde do produtor e do consumidor e ao meio ambiente. Há registros de casos de doenças em seres humanos e das alterações ambientais que parecem ter como agentes etiológicos os agrotóxicos. Embora a legislação brasileira regulamente o uso de defensivos na agricultura, não há fiscalização efetiva, com exceção de alguns estados (BORGUINI; TORRES, 2006).

Assim, novas formas de cultivo vêm sendo utilizadas como alternativa à agricultura tradicional, altamente mecanizada e rica em insumos industriais. Uma destas alternativas é a agricultura orgânica, que pode ser definida como um sistema de produção que evita ou exclui o uso de pesticidas, agrotóxicos, fertilizantes sintéticos e outros agentes contaminantes, adotando práticas de rotação de cultura, aproveitamento de resíduos orgânicos e controle biológico (GUADAGNIN, RATH e REYES, 2005; SANTANA *et al.*, 2006).

Uma das vantagens do cultivo orgânico sobre o sistema convencional é o seu impacto benéfico no meio ambiente, mantendo o incremento da fertilidade do solo e a biodiversidade (SANTOS *et al.*, 2005). Outras vantagens são a geração de empregos, uma vez que esse sistema exige mais mão-de-obra, e maior valor agregado ao produto.

Nos últimos anos, a procura por produtos da agricultura orgânica vem crescendo intensamente, especialmente a partir da década de 90, devido à conscientização da população sobre os riscos decorrentes da presença de resíduos químicos nos alimentos (SANTANA *et al.*, 2006). No entanto, as práticas da agricultura orgânica não garantem a ausência total de resíduos nos produtos devido à contaminação ambiental generalizada (BORGUINI; TORRES, 2006).

O Brasil ocupa a 13ª posição mundial quanto à área destinada à agricultura orgânica certificada, com mais de 275 mil hectares (FONTANÉTTI *et al.*, 2006). A maior parte da produção orgânica brasileira, aproximadamente 80%, encontra-se nos estados do Sul e

Sudeste. Em torno de 85% é exportado, sobretudo para a Europa, Estados Unidos e Japão, e o restante é distribuído no mercado interno (CAMARGO FILHO *et al.*, 2004).

A produção brasileira é regulamentada pelo governo através de normas disciplinares desde a produção até a distribuição e certificação da qualidade dos produtos orgânicos, biodinâmicos, biológicos e agroecológicos (BRASIL, 2003, 2008). Os procedimentos constantes nestas instruções estão de acordo com os praticados na maioria dos países da Europa, nos Estados Unidos e no Japão (ORMOND *et al.*, 2002).

Segundo as normas brasileiras, para que um produto receba a denominação de orgânico, deverá ser proveniente de um sistema onde tenham sido aplicados os princípios estabelecidos pelas normas orgânicas por um período variável em função da utilização anterior da propriedade e a situação ecológica atual, mediante as análises e avaliações das instituições certificadoras. Com isso, destaca-se a importância do selo de certificação, uma vez que, segundo Aroeira e Fernandes (2001), a completa conversão da unidade de produção para o sistema orgânico normalmente leva de um a três anos e, durante este período, o produto ainda é considerado convencional.

Neste aspecto, cabe ressaltar que a agricultura orgânica é uma prática que, se mal conduzida, pode gerar danos no meio ambiente, como acúmulo de nitrato nas águas subterrâneas devido à quantidade excessiva de matéria orgânica no solo, desenvolvimento de microrganismos fitopatogênicos devido ao manejo inadequado dos solos, e o risco de contaminação ao homem com microrganismos patogênicos ou metais pesados provenientes da matéria orgânica utilizada (CAMPANHOLA; VALARINI, 2001). Evidencia-se, assim, a necessidade de contínua orientação aos produtores.

Os produtos comercializados *in natura*, sobretudo as hortaliças, são os mais expressivos na produção orgânica nacional, especialmente devido a adequação do sistema de produção orgânico às características de pequenas propriedades familiares (ORMOND *et al.*, 2002) que, estima-se, são responsáveis por 70% da produção orgânica do país (BORGUINI; TORRES, 2006).

A adubação utilizada no cultivo orgânico, como esterco bovino e cama de aviário, pode favorecer menor acúmulo de nitrato pelas plantas, pois possui a maior parte do nitrogênio disponível sob a forma de amônia em vez de nitrato (LIMA *et al.*, 2008; MOU, 2009). Estudos com alface mostram que os teores são relativamente menores no sistema orgânico do que nos cultivos hidropônico e convencional (BENINNI *et al.*, 2002; COMETTI, *et al.*, 2004; TURAZI *et al.*, 2006; FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2008). Neste último sistema, os teores de nitrato apresentam valores intermediários, pois os

fertilizantes químicos usados podem disponibilizar o nitrogênio nas duas formas, amoniacal e nítrica (LIMA *et al.*, 2008).

Entretanto, os teores de nitrato encontrados na literatura ainda se mostram divergentes (FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2007; LUZ *et al.*, 2008) e praticamente são inexistentes experimentos conduzidos nas condições de cultivo do Nordeste que avaliem acúmulo de nitrato em hortaliças (PORTO *et al.*, 2008).

- **Cultivo hidropônico**

A palavra hidroponia, usada inicialmente nos anos de 1930, deriva do grego e significa trabalho com água. É uma ciência recente, utilizada como atividade comercial há algumas décadas (RESH, 1997). No Brasil, cultivos hidropônicos podem ser encontrados nos cinturões verdes de algumas capitais e cidades do interior (LOPES *et al.*, 2003), sendo bem adaptada às necessidades da agricultura familiar, pois exige pequena área. Apresenta como vantagens maior produtividade, colheita em qualquer época do ano, rápido retorno econômico e produtos de alta qualidade (CASTELLANE, 1995).

A hidroponia é um sistema de cultivo protegido, realizado em estruturas conhecidas como estufas agrícolas, em túneis ou casas de vegetação, que protegem as plantas contra fenômenos climáticos adversos, como condições de temperatura e luminosidade, chuva forte, vento, geada ou granizo, além de reduzir a ação de insetos e microrganismos e permitir maior aproveitamento dos insumos agrícolas, fornecendo produtos de boa qualidade durante todo o ano (GRANDE *et al.*, 2003; VIDA *et al.*, 2004).

As hortaliças são produzidas sem o uso do solo, protegidas de geadas, chuvas intensas, granizo e ventos fortes, cultivadas dentro de tubos plásticos perfurados ou em recipientes com substrato, nutridas através de soluções aquosas contendo nutrientes e fertilizantes químicos dissolvidos (RESH, 1995; SANTANA *et al.*, 2006). As raízes absorvem os nutrientes diretamente da solução que circula dentro dos tubos ou colocada no meio de cultivo do recipiente utilizado, sendo a absorção geralmente proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes (FURLANI, 1998).

As soluções usadas contêm nitrato em forma prontamente disponível e em condições favoráveis à sua absorção pelas raízes das plantas. Assim, os teores de nitrato nos produtos hidropônicos tendem a ser superiores aos observados nas plantas cultivadas em outros sistemas (FAQUIN; ANDRADE, 2004). Por isso, é necessário acompanhamento técnico especializado para que a solução nutritiva seja balanceada e adequada à nutrição

das plantas, evitando o acúmulo de nitrato (FERNANDES *et al.*, 2002; FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2007).

Várias espécies vegetais podem ser cultivadas por cultivo hidropônico, como vegetais folhosos, legumes, ervas aromáticas e medicinais, gramíneas e flores. No entanto, esse sistema de cultivo tem sido utilizado com sucesso em plantios de alface por esta apresentar cultivo simples, ciclo curto, porte reduzido e crescimento rápido (RIBEIRO *et al.*, 2007). Destaca-se a possibilidade de elevar a produtividade, aumentar o número de colheitas por ano, reduzir os gastos com defensivos agrícolas, obter um produto comercial de melhor aspecto, além de ocupar um menor espaço físico para o cultivo (MOREIRA; FONTES; CAMARGOS, 2001).

No Brasil, estudos sobre acúmulo de nitrato em alfaces hidropônicas apresentam resultados divergentes. Estudando o efeito de sistemas de cultivo na produtividade e no acúmulo de nitrato em cultivares de alface em Jaboticabal-SP, Mondin (1996) observou teor de 581,6 mg de  $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$  MF, em alface cultivada em hidroponia, e de 1129,9 mg de  $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$  MF nos cultivos convencionais, destacando-se o maior teor de nitrato no cultivo convencional que no cultivo hidropônico.

Em 2001, Miyazawa, Khatounian e Odenath-Penha, avaliando teor de nitrato em folhas de alface convencionais, orgânicas e hidropônicas coletadas de produtores da região de Londrina-PR, relataram mais de 70% das amostras da alface hidropônica com teores de  $\text{NO}_3^-$  entre 6000 a 12000 mg  $\text{kg}^{-1}$  de matéria seca (MS) de folhas e apenas 3% tinham teores inferiores a 3000 mg  $\text{kg}^{-1}$  de MS, ressaltando o possível risco de se consumir alfaces hidropônicas. Considerando que os teores de nitrato foram expressos em matéria seca e não em matéria fresca, conforme estabelecido pela Comunidade Européia, os valores reais de nitrato foram superestimados em vinte e cinco vezes, pois o teor de matéria seca na alface é de, aproximadamente, 4% (FAQUIN; ANDRADE, 2004).

No estudo realizado por Beninni *et al.* (2002) na mesma região, analisando o teor de nitrato em alfaces hidropônicas e convencionais comercializadas no período de inverno, foram encontrados teores médios de 1588 mg de  $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$  de MF para o sistema hidropônico e de 939 mg de  $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$  de MF para cultivo convencional, sendo maior o teor de nitrato no cultivo hidropônico do que no convencional, mas ainda assim abaixo do limite máximo recomendado.

Favaro-Trindade *et al.* (2007), avaliando o efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade da alface lisa, em experimento realizado no final do inverno, em Pirassununga e Iboti-SP, encontraram teores de 3093,4 mg de  $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$  MF em alface sob cultivo hidropônico e 2782,1 mg de  $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$  MF em alface produzida sob cultivo

convencional, não havendo diferença em nível de 5% de significância. Nota-se que os teores foram mais elevados, uma vez que o estudo foi conduzido em estação do ano de baixa luminosidade, que dificulta o processo assimilatório de nitrato pela planta, e foi utilizada a alface lisa nos experimentos, cujo caráter genético implica em maior acúmulo de nitrato quando comparada com as variedades crespas (OHSE, 2009).

As diferenças apresentadas, possivelmente, se devem ao fato de os teores de nitrato serem muito sensíveis à metodologia adotada e, por isso, podem variar por diversos fatores, como o procedimento de determinação, a parte da planta amostrada, o horário da amostragem, entre outros (LUZ *et al.*, 2008).

Há necessidade de mais estudos para fornecer orientação adequada aos produtores sobre o manejo da adubação nitrogenada, especialmente em sistemas hidropônicos, além de informação aos consumidores sobre como os alimentos são produzidos em cada sistema de cultivo, permitindo a opção por produtos mais saudáveis, uma vez que há ampla possibilidade de escolha nos pontos de venda das grandes cidades.

## **CAPÍTULO 2**

### **Teor de nitrato em alfaces convencionais, orgânicas e hidropônicas comercializadas em Recife, Pernambuco**

Viviane Lansky Xavier<sup>(1)</sup>, Zelyta Pinheiro de Faro<sup>(1)</sup> e Leandro Finkler<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico de Vitória, CEP 55608-680, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil. Email: [vivianelansky@yahoo.com.br](mailto:vivianelansky@yahoo.com.br), [zelytafaro@hotmail.com](mailto:zelytafaro@hotmail.com), [leandro.finkler@gmail.com](mailto:leandro.finkler@gmail.com)

Resumo – O objetivo deste trabalho foi determinar as diferenças no teor de nitrato entre alfaces cultivadas nos sistemas convencional, orgânico e hidropônico comercializadas em Recife, Pernambuco, comparando os valores entre as alfaces de um mesmo tipo de cultivo provenientes de regiões diferentes. As coletas foram realizadas no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco e em hipermercado. Foram coletadas 59 alfaces convencionais, 42 orgânicas e 38 hidropônicas. Para a determinação do teor de nitrato foi utilizado o método do ácido salicílico. Os teores de nitrato encontrados variaram entre 135,96 a 1612,60 mg kg<sup>-1</sup> de peso fresco. As alfaces hidropônicas apresentaram valores significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) às alfaces cultivadas em sistema convencional e orgânico, cujos teores de nitrato não apresentaram diferença. O teor de nitrato não variou significativamente em relação às diferentes regiões de origem das alfaces, exceto para as hidropônicas. Os valores encontrados são inferiores ao limite máximo de nitrato permitido para alface, na Europa, o que indica boa qualidade das hortaliças para consumo.

Termos para indexação: *Lactuca sativa* L., sistemas de cultivo, qualidade.

### **Nitrate content in lettuce conventional, organic and hydroponic marketed in Recife, Pernambuco**

Abstract – The aim of this study was to determine the differences in nitrate content between lettuces grown in conventional organic and hydroponic systems marketed in Recife, Pernambuco comparing the values between the lettuce of the same type of crop from different regions. Samples were collected at the Center for Food Supply of Pernambuco and hypermarket. Were collected 59 conventional lettuces, 42 organics and 38 hidroponics. To determine the nitrate content was calculated using the salicylic acid. The nitrate levels ranged between 135.96 to 1612.60 mg kg<sup>-1</sup> fresh weight. Hydroponic lettuce presented significantly higher values ( $p < 0.05$ ) than the lettuces grown in organic and conventional system whose nitrate levels did not differ between both. The nitrate content did not vary significantly among the different regions of origin of lettuce, except for aquaculture. The values are below the maximum allowed for nitrate lettuce in Europe, which ensures good quality of vegetables for consumption.

Index terms: *Lactuca sativa* L., cropping systems, quality.

## Introdução

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é um composto que ocorre naturalmente nos vegetais ou pode ser adicionado durante o processamento de alimentos de origem animal, como embutidos e curados. A concentração de nitrato nos alimentos tem sido considerada como um importante índice de qualidade, pois, apesar de ser considerado um íon de baixa toxicidade, a conversão do nitrato em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) pode apresentar alto risco à saúde (Du et al., 2007). O nitrito pode interagir com a hemoglobina e causar a metahemoglobinemia, doença que provoca inibição do transporte de oxigênio pelo sangue, e também pode reagir com aminas secundárias e terciárias formando compostos N-nitrosos, associados com um alto risco de câncer gástrico, hepático e de esôfago (Araújo & Mídio, 1989; Garófolo et al., 2004), embora estudos recentes mostrem efeitos benéficos da ingestão de nitratos para a saúde (Gilchrist et al., 2010).

Os vegetais são a principal fonte de nitrato na dieta, correspondendo a cerca de 80% do total ingerido (Lairon, 2009). O nitrato presente nos vegetais pode ter origem do fertilizante nitrogenado ou ser formado no substrato pela mineralização ou nitrificação, sendo importante por constituir a fonte de nitrogênio disponível para as plantas, essencial ao crescimento vegetal (Maynard et al., 1976). Alguns vegetais, especialmente hortaliças folhosas, acumulam nitrato nos vacúolos dos tecidos quando há desequilíbrio entre absorção e assimilação do íon (Andriolo, 1999). Os fatores relacionados podem ser genéticos, ambientais (luz, temperatura e umidade do ar), época e hora da colheita, e o sistema de cultivo com seus diferentes tipos, quantidades e formas de fertilizante nitrogenado (Santamaria, 2006).

Dentre as hortaliças folhosas, a alface (*Lactuca sativa* L.) possui destaque pela expressiva importância econômica, sendo a mais produzida, comercializada e consumida no Brasil (Porto et al., 2008). Segundo o último Censo Agropecuário (IBGE, 2006), o país produziu 525.603 toneladas de alface em 2006, sendo que 10,6% desse total correspondem à produção na região Nordeste. O estado de Pernambuco é o 2º colocado no ranking da região, com produção estimada em 12.531 toneladas de alface.

Quando comparada a outras hortaliças, a alface apresenta boa resposta a adubação nitrogenada, evidenciando maior massa e maiores acúmulos de macronutrientes nas folhas com doses crescentes de nitrogênio, melhorando a qualidade sensorial da planta (Ferreira et al., 2000). Na região Nordeste, como o cultivo da alface é tradicionalmente realizado por pequenos produtores, é comum a aplicação de quantidades de adubo nitrogenado excedentes as necessidades da cultura, o que pode favorecer o acúmulo de nitrato,

podendo colocar em risco a qualidade da hortaliça e a saúde dos consumidores (Ohse et al., 2009).

Estudos comparativos têm demonstrado que a tendência de acúmulo de nitrato é proporcional à sua disponibilidade no sistema, por isso, as hortaliças tendem a acumular mais nitrato na hidroponia do que no sistema tradicional e no cultivo orgânico, apesar de os teores encontrados serem bastante divergentes, possivelmente devido a aspectos metodológicos (Cometti et al., 2004; Porto et al., 2008; Luz et al., 2008; Lima et al., 2008). Estudos conduzidos nas condições do Nordeste brasileiro são escassos (Porto et al., 2008), bem como aqueles que avaliam a qualidade final das hortaliças nos pontos de venda das grandes cidades no que se refere ao teor de nitrato, sendo o monitoramento de grande interesse para pesquisadores, produtores e consumidores.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o teor de nitrato presente em alfaces comercializadas na cidade do Recife, produzidas em sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico, bem como verificar a procedência das hortaliças e as diferenças no acúmulo de nitrato entre alfaces de um mesmo tipo de cultivo provenientes de regiões diferentes.

## Material e Métodos

Amostras de alface crespa produzidas em sistemas convencional e orgânico foram adquiridas no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco – CEASA/PE e as amostras de alfaces hidropônicas, coletadas em hipermercado, entre novembro de 2009 e junho de 2010. As alfaces orgânicas foram coletadas diretamente com os produtores na Feira de Alimentos Orgânicos que ocorre somente às quartas-feiras no CEASA/PE.

Coletaram-se 59 plantas de alfaces produzidas em sistemas de cultivo convencional, 38 em hidroponia e 42 produzidas em sistema orgânico. As coletas foram realizadas entre as 6 e 8h da manhã, separando-se as hortaliças de acordo com a região de origem. A alface crespa foi escolhida devido à disponibilidade nos três sistemas de cultivo. Nas seis visitas realizadas aos locais de coleta, foram incluídas amostras de todas as regiões de origem que estavam sendo comercializadas no dia.

As amostras foram transportadas ao laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico de Vitória. As folhas inteiras de alface foram lavadas em água destilada e deionizada, secas em papel absorvente, pesadas e colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 70°C até peso constante e, após, foram moídas em almofariz e peneiradas a 20 mesh.

O teor de nitrato nas amostras secas foi determinado colorimetricamente através do método do ácido salicílico (Cataldo et al., 1975), com modificações (Porto et al., 2008). Foram realizadas 3 repetições laboratoriais para cada amostra e, posteriormente, foi calculado o teor em matéria fresca (MF) com base na umidade inicial das amostras (dados não apresentados).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo a diferença significativa entre tratamentos determinada pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. A comparação entre as médias das alfaces hidropônicas de diferentes regiões de origem foram comparadas pelo teste t de Student para amostras independentes.

## Resultados e Discussão

Os teores de nitrato encontrados nas alfaces cultivadas em diferentes sistemas de cultivo variaram de 135,96 a 1612,60 mg kg<sup>-1</sup> MF (Tabela 1). Não foi detectada diferença em nível de 5% de significância entre os teores médios de nitrato encontrados nas alfaces produzidas pelos sistemas convencional e orgânico. O teor foi significativamente maior na hortaliça produzida no sistema hidropônico. Os valores elevados de desvio padrão indicam que existe uma grande variedade de concentrações de nitrato para os três conjuntos de amostras, em especial para as hortaliças cultivadas hidroponicamente.

Estudos comparativos conduzidos no Brasil têm demonstrado uma menor concentração de nitrato em vegetais cultivados pela agricultura orgânica em relação à convencional. Porto et al. (2008), avaliando acúmulo de nitrato em plantas de alface cresa submetidas a adubação nitrogenada e orgânica nas condições regionais do agreste paraibano, encontraram diferença significativa entre as folhas de alfaces convencionais e orgânicas (121,9 e 75,6 mg kg<sup>-1</sup> MF, respectivamente).

De fato, é de se esperar que a adubação utilizada no cultivo orgânico, como esterco bovino e cama de aviário, favoreça menor acúmulo de nitrato nas plantas, uma vez que contêm os nutrientes na forma de sais nitrogenados e compostos orgânicos, os quais são gradualmente desprendidos e tornam-se disponíveis para as plantas como resultado da ação de microrganismos presentes no solo (Lima et al., 2008). Já os fertilizantes minerais, utilizados na agricultura convencional, por serem mais solúveis que os adubos orgânicos, podem favorecer uma maior absorção de nitrato pela planta (Turazi et al., 2006).

No entanto, quando os fertilizantes orgânicos estão em condições muito favoráveis a mineralização podem levar também a teores elevados de nitrato nos vegetais (Turazi et al., 2006; Lairon, 2009), o que pode explicar os teores semelhantes entre alfaces convencionais e orgânicas encontrados no presente estudo. A grande variabilidade encontrada nos níveis de nitrato sugere que os produtos orgânicos disponíveis para o consumidor no varejo não necessariamente têm menor concentração de nitrato do que os produtos convencionais disponíveis (Matallana González et al., 2010).

É importante salientar que, segundo as normas brasileiras referentes à agricultura orgânica (BRASIL, 2003, 2008), um produto recebe a denominação de orgânico mediante análises e avaliações de instituições certificadoras, sendo o selo de certificação a garantia de processos de produção adequados. No caso da venda direta aos consumidores, o selo de certificação nos produtos é facultativo, desde que os agricultores sejam cadastrados junto ao órgão fiscalizador (Brasil, 2003, 2007). Durante as coletas, foi verificado que

nenhum produto comercializado na Feira de Alimentos Orgânicos do CEASA/PE possuía selo de certificação e nenhum produtor apresentava o comprovante do cadastro exigido pela lei, que deve ficar visível para o consumidor. Portanto, não há como assegurar a rastreabilidade do produto e o livre acesso aos locais de produção ou processamento. Ressalta-se que a Feira de Alimentos Orgânicos do CEASA/PE, no período em que o estudo foi realizado, possuía cerca de 20 produtores, o que sugere baixo incentivo a comercialização de produtos orgânicos diante do potencial produtivo do Estado.

Em relação às alfaces hidropônicas, os resultados estão de acordo com os de Beninni et al. (2002), que avaliaram alfaces comercializadas no município de Londrina-PR e obtiveram teores de nitrato significativamente maiores em alfaces hidropônicas ( $1588 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MF}$ ) do que nas alfaces convencionais ( $939 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MF}$ ). Favaro-Trindade et al. (2007), no entanto, não encontraram diferença significativa entre as alfaces cultivadas em sistemas convencional e hidropônico ( $2782,1$  e  $3093,4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MF}$ , respectivamente); nota-se que os teores foram mais elevados, uma vez que foi utilizada a alface lisa nos experimentos, cujo caráter genético implica em maior acúmulo de nitrato quando comparada com as variedades crespas (Ohse, 1999).

Lima et al. (2008), analisando o acúmulo de compostos nitrogenados em alfaces crespas cultivadas em diferentes sistemas de cultivo, encontraram, independentemente da parte da planta que foi analisada, maior acúmulo de nitrato no sistema hidropônico, seguido do sistema convencional e, por último, do sistema orgânico. Ou seja, a tendência de acúmulo foi proporcional à disponibilidade de nitrato nos sistemas de cultivo.

Em hidroponia, as soluções usadas são compostas em sua maior parte por nitrato, na forma prontamente disponível e em condições favoráveis à absorção pelas raízes. Por isso, é de se esperar que os teores de nitrato nos produtos hidropônicos sejam superiores aos observados em plantas cultivadas em outros sistemas, pelo uso em maior quantidade e pela maior disponibilidade desse nutriente no sistema de cultivo (Lima et al., 2008).

As divergências entre os valores encontrados na literatura podem ser atribuídas ao fato de os teores de nitrato serem muito sensíveis à metodologia de detecção adotada, e, por isso, podem ocorrer variações por diversos fatores além dos genéticos e ambientais, como o procedimento de determinação, parte da planta amostrada, horário da amostragem, entre outros (Luz et al., 2008).

Em relação às amostras utilizadas neste estudo, priorizando a qualidade da hortaliça para consumo, a análise laboratorial foi realizada nas folhas inteiras, com preferência por aquelas que apresentavam características organolépticas desejáveis ao consumidor. Não foi considerada a diferença no grau de absorção e assimilação do nitrato nas diferentes

variedades de alface crespa coletadas e,ou quantidade de fertilizante utilizado porque, nos pontos de venda de hortaliças das grandes cidades, podem ser facilmente encontradas alfaces de diferentes produtores, o que implica em teores de nitrato variáveis. Por isso, mesmo entre diferentes amostras da mesma variedade de vegetal podem ser encontradas concentrações de nitrato com amplas variações (Correia et al., 2010).

As regiões de origem das alfaces produzidas nos três sistemas de cultivo são cidades localizadas na Zona da Mata Pernambucana e na Região Metropolitana do Recife (Tabela 2). Observou-se que as alfaces convencionais e orgânicas oriundas das diferentes regiões não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos teores de nitrato encontrados. Para as alfaces hidropônicas, foi detectada diferença entre as duas regiões de cultivo, fato possivelmente relacionado com as diferentes soluções nutritivas utilizadas na hidroponia.

As alfaces analisadas provenientes dos três sistemas de cultivo, independente da região de origem, apresentaram teor de nitrato inferior ao limite europeu estabelecido para alface, de 3.500 e 4.500 mg kg<sup>-1</sup> MF para ambiente protegido no verão e inverno, respectivamente, e 2.500 mg kg<sup>-1</sup> para o cultivo no campo (McCall & Willumsen, 1998), o que indica boa qualidade das hortaliças para consumo. Salienta-se que, no contexto de uma dieta equilibrada, a ingestão diversificada de vegetais é considerada benéfica para os teores habituais de nitratos e nitritos encontrados nesses alimentos.

## Conclusões

1. Os sistemas de cultivo promovem diferenças no teor de nitrato em alface.
2. As alfaces hidropônicas apresentam teor de nitrato significativamente superior às aquelas produzidas nos sistemas de cultivo convencional e orgânico.
3. Não há diferença significativa entre os teores de nitrato de alfaces convencionais e orgânicas comercializadas em Recife-PE.
4. Em relação à região de origem, há diferença nos teores médios de nitrato encontrados apenas para as alfaces hidropônicas.
5. Nas condições avaliadas, os teores de nitrato encontrados nas alfaces produzidas nos três sistemas de cultivo não excedem os limites máximos de referência recomendados na literatura.

## **Agradecimentos**

À Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico de Vitória e ao Programa de Pós-graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, pela oportunidade de realizar este trabalho, e aos técnicos do Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico de Vitória, pelo auxílio na execução das análises.

## Referências

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

ARAÚJO, A.C.P.; MIDIO, A.F. Nitratos, nitritos e compostos N-nitrosos em alimentos: onde está o problema? **Ciência e Cultura**, v.41, n.10, p.947-956, 1989.

BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.183-186, 2002.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.831 de 23 de dezembro de 2003**. Dispõe sobre agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Presidência da República, Brasília, 23 dez 2003. Seção 1, p.8.

BRASIL. **Decreto nº 6323, de 27 de dezembro de 2007**. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Presidência da República, Brasília, 28 dez 2007. Seção 1, p.2.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008**. Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento, Brasília, 18 dez 2008. Seção 1, p.21.

CATALDO, D.A.; HARON, L.E.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communication Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-80, 1975.

COMETTI, N.N.; MATIAS, G.C.S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M.S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.748-753, 2004.

CORREIA, M., BARROSO, A., BARROSO, M.F., SOARES, D., OLIVEIRA, M.B.P.P., DELERUE-MATOS, C. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. **Food Chemistry**, v.120, p.960-966, 2010.

DU, S; ZHANG, Y; LIN, X. Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health. **Agricultural Science in China**, v.6, n.10, p.1246-55, 2007.

FAVARO-TRINDADE, C.S., MARTELLO, L.S.; MARCATTI, B.; MORETTI, T.S.; PETRUS, R.R.; ALMEIDA, E. de.; FERRAZ, J.B.S. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade da alface lisa. Brazilian. **Journal of Food Technology**, v.10, n.2, p. 111-115, 2007.

FERREIRA, V.P., LAUER, C., ROSSONI, E., NICOLAUD, B.A.L. Resposta de alface a diferentes épocas de aplicação de N. **Horticultura Brasileira**, v.18, Suplemento, p.791-793, 2000.

GARÓFOLO, A.; AVESANI C.M.; CAMARGO, K.G; BARROS; M.E.; TADDEI, J.A.A.C.; SIGULEM, D.M. Dieta e câncer: um enfoque epidemiológico. **Revista de Nutrição**, v.17, n.4, p.491-505, 2004.

GILCHRIST, M.; WINYARD, P.G.; BENJAMIN, N. Dietary nitrate – Good or bad? **Nitric Oxide**, v.22, p.104–109, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**: Brasil. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:

<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/horti/default.asp?t=2&z=t&o=19&u1=1&u2=1&u3=1>.

Acesso em: 15 nov. 2010.

LAIRON, D. Nutritional quality and safety of organic food. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.30, n.1, p.33-41, 2009.

LIMA J.D.; MORAES, W.S.; SILVA, S.H.M.G. da.; IBRAHIM, F.N.; SILVA JUNIOR, A.C. da. Acúmulo de compostos nitrogenados e atividade da redutase do nitrato em alface produzida sob diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.3, p.180-187, 2008.

LUZ, G.L.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A; AMARAL, A.D. do.; MÜLLER, L.; TORRES, M.G.; MENTGES, L. A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p. 2388-2394, 2008.

MATALLANA GONZÁLEZ, M.C.; MARTÍNEZ-TOMÉ, M.J.; TORIJA ISASA, M.E. **Food Additives and Contaminants: Part B**, v.3, n.1, p.19-29, 2010.

MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P.L.; PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetable. **Advances in Agronomy**, v.28, n.1, p.71-117, 1976.

McCALL, D.; WILLUMSEN F. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.73, n.5, p.698-703, 1998.

OHSE, S.; RAMOS, D.M.R.; CARVALHO, S.M. de; FETT, R.; OLIVEIRA, J.L.B. Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico. **Bragantia**, v.68, n.2, p.407-414, 2009.

OHSE, S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina C em alface sob hidroponia**. 1999. 103f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

PORTO, M.L.; ALVES, J.C.; SOUZA, A.P.; ARAUJO, R.C.; ARRUDA, J.A. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.227-230, 2008.

SANTAMARIA, P. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation (review). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.1, p.10-17, 2006.

TURAZI, C.M.V; JUNQUEIRA, A.M.R; OLIVEIRA, S.A; BORGIO, L.A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p.65-79, 2006.

**Tabela 1.** Teores de nitrato ( $\text{mg kg}^{-1}$  matéria fresca) em alfaces cultivadas em sistemas convencional, orgânico e hidropônico, comercializadas entre Novembro/2009 e Junho/2010, em Recife-PE<sup>(1)</sup>.

<b>Sistema de cultivo</b>	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Desvio padrão</b>
Convencional	59	414,57a	973,83	100,76	173,65
Orgânico	42	354,58a	790,14	135,96	200,04
Hidropônico	38	566,44b	1612,60	258,59	376,28

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Teores médios de nitrato ( $\text{mg kg}^{-1}$  matéria fresca) em alfaces cultivadas em sistemas convencional, orgânico e hidropônico segundo a região de origem, comercializadas entre Novembro/2009 e Junho/2010, em Recife-PE<sup>(1)</sup>.

<b>Sistema de cultivo</b>	<b>Região de Origem</b>	<b>n</b>	<b>Média</b>
Convencional	ZM A <sub>1</sub>	8	424,90a
	ZM A <sub>2</sub>	12	404,42a
	ZM A <sub>3</sub>	12	361,78a
	ZM A <sub>4</sub>	3	297,70a
	ZM A <sub>5</sub>	3	565,45a
	ZM A <sub>6</sub>	3	533,48a
	ZM B	3	607,55a
	RMR A	15	390,22a
Orgânico	ZM A <sub>2</sub>	8	418,26b
	ZM A <sub>6</sub>	19	311,34b
	ZM B	6	420,65b
	ZM C	9	345,21b
Hidropônico	RMR B	19	762,51c
	RNI	19	370,37d

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna, para o mesmo sistema de cultivo, não diferem entre si pelo teste Tukey e teste t, a 5% de probabilidade.

ZM = Zona da Mata

RMR = Região Metropolitana do Recife

RNI = Região não identificada

## DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

A metodologia de detecção do nitrato utilizada no presente estudo, bem como na maioria dos trabalhos realizados no Brasil (CASTRO; FERRAZ JÚNIOR, 1998; ZAGO *et al.*, 1999; BENINNI *et al.*, 2002; COMETTI *et al.*, 2004; LIMA *et al.*, 2008; PORTO *et al.*, 2008), apresenta como vantagens, segundo os autores, maior rendimento, menor custo e facilidade de execução. Segundo Mantovani *et al.* (2005), a medida colorimétrica é a mais utilizada e aceita na análise de plantas por causa da sua simplicidade e precisão elevada.

Como o método do ácido salicílico tende a superestimar o teor real de nitrato no tecido vegetal, relativamente a outros métodos de quantificação, considera-se que os valores obtidos neste estudo são, de fato, ainda mais baixos que os limites máximos estabelecidos na literatura, indicando boa qualidade das hortaliças para consumo no que se refere ao teor de nitrato (MANTOVANI *et al.*, 2005).

As alfaces hidropônicas utilizadas no presente estudo foram coletadas em hipermercado, onde são armazenadas em prateleiras expositoras sob refrigeração. Estudo de Turazi *et al.* (2006) apresentou uma redução significativa no teor de nitrato foliar de alfaces ao longo de sete dias de armazenamento em temperatura de 8°C, possivelmente devido a um aumento da atividade da enzima redutase do nitrato nas folhas da alface do dia da colheita para os dias seguintes. Considerando que nesse período de tempo a qualidade organoléptica da alface não é mais satisfatória ao consumidor, o fato de as hortaliças hidropônicas utilizadas neste estudo estarem armazenadas sob refrigeração durante a comercialização não foi relevante para os resultados obtidos.

Quanto às alfaces orgânicas coletadas, o fato de não possuírem selo de certificação, bem como a ausência de registro dos produtores nos órgãos de fiscalização competentes, revelam a necessidade de reflexão sobre a qualidade desses produtos do ponto de vista nutricional e higiênico-sanitário. Justifica-se essa reflexão com o aumento do número de estudos científicos ressaltando as vantagens dos alimentos orgânicos em relação aos convencionais (BORGUINI; TORRES, 2006). Assim, o repasse de informações ao consumidor pernambucano deve ser feito de forma sensata e coerente, uma vez que não há garantia de que os produtos comercializados no Estado são de fato orgânicos.

Os resultados do presente estudo permitem concluir que, no que se refere ao teor de nitrato, as alfaces analisadas dos diferentes sistemas de cultivo não oferecem risco a saúde

do consumidor. No entanto, são necessários mais estudos sobre os impactos gerados ao meio ambiente através de cada sistema de cultivo, sendo este tema relevante frente à crescente demanda mundial por alimentos.

## REFERÊNCIAS

ACHUTTI, A.; AZAMBUJA, M. I. R. Doenças crônicas não-transmissíveis no Brasil: repercussões do modelo de atenção à saúde sobre a seguridade social. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 9, n. 4, p. 833-840, 2004.

AGENCY ENVIRONMENT. **Agriculture and natural resources: benefits, costs and potential solutions**. May: EA Report; 2002.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, v. 32, n. 2, p. 160-165, 1998.

AMR, A.; HADIDI, N. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO<sub>3</sub>) and nitrite (NO<sub>2</sub>) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 1, p. 59-67, 2001.

ANDRADE, E. M. de. et al. Impacto da lixiviação de nitrato e cloreto no lençol freático sob condições de cultivo irrigado. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 88-95, 2009.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

ARAÚJO, A. C. P.; MIDIO, A. F. Nitratos, nitritos e compostos N-nitrosos em alimentos: onde está o problema? **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 10, p. 947-956, 1989.

ARCHER, M. C. Mechanisms of action of N-nitroso compounds. **Cancer Surv.**, v. 8, n. 2, p. 241-250, 1989.

ARCHER, D. L. Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 5, p. 872-875, 2002.

AROEIRA, L. J. M.; FERNANDES, E.N. Produção orgânica de leite: um desafio atual. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 211, p. 53-57, 2001.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO, irrigação e Drenagem 29, revisado 1).

BAILEY, S. J. et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 4, p. 1144-1155, 2009.

BARRETO, R. de L.; CORREIA, C. R. D.; MUSCARÁ, M. N. Óxido nítrico: propriedades e potenciais usos terapêuticos. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1046-1054, 2005.

BARTON, L. et al. Turfgrass (*Cynodon dactylon* L.) sod production on sandy soils: II. Effects of irrigation and fertilizer regimes on N leaching. **Plant and Soil**, v. 284, p. 147-164, 2006.

BARTSCH, H. et al. Exposure of humans to endogenous N-nitroso compounds: Implications in cancer etiology. **Mutation Research**, v. 238, n. 3, p. 255-267, 1990.

BENINNI, E. R. Y. et al. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 183-186, 2002.

BOINK, A.; SPEIJERS, G. Health effects of nitrates and nitrites, a review. **Acta Horticulturae**, v. 563, p. 29-36, 2001.

BORCHERDING, H. et al. Enzymatic microtiter plate-based nitrate detection in environmental and medical analysis. **Analytical Biochemistry**, v. 282, n. 1, p. 1-9, 2000.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: Qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, n. 2, p. 64-75, 2006.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Ministério da Saúde, Brasília, 26 de março de 2004, seção 1, p. 266-270.

BRASIL. Lei Federal nº 10.831 de 23/12/2003. Dispõe sobre agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Presidência da República, Brasília, 23 dez 2003. Seção 1, p.8.

BRASIL. Instrução Normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008. Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento, Brasília, 18 dez 2008. Seção 1, p.21.

CAMARGO FILHO, W. P. et al. Algumas considerações sobre a construção da cadeia de produtos orgânicos. **Informações Econômicas**, v. 34, n. 2, p. 55-69, 2004.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 18, n. 3, p. 69-101, 2001.

CARLSTRÖM, M. et al. Dietary inorganic nitrate reverses features of metabolic syndrome in endothelial nitric oxide synthase-deficient mice. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 41, p. 17716-17720, 2010.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo** - hidroponia. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995, 43p.

CASTRO, S. R. P.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. Teores de nitrato nas folhas e produção da alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 16, p. 65-68, 1998.

CHAN, T. Y. K. Food-borne nitrates and nitrites as a cause of methemoglobinemia. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine & Public Health**, v. 27, n. 1, p. 189-192, 1996.

CHAN, T. Y. K. Vegetable-borne nitrate and nitrite and the risk of methaemoglobinaemia. **Toxicology Letters**, v. 200, n. 1-2, p. 107-108, 2011.

CHOWDARY, N. H. et al. Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects. **Agricultural Water Management**, v. 75, n. 3, p. 94-225, 2005.

COMETTI, N. N. et al. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 748-753, 2004.

CORREA, R. S. et al. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. **Water Resources**, v. 33, n. 4, p. 453-462, 2006.

COSS, A. et al. Pancreatic Cancer and Drinking Water and Dietary Sources of Nitrate and Nitrite. **American Journal Epidemiology**, v. 159, n. 7, p. 693-701, 2004.

DU, S; ZHANG, Y; LIN, X. Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health. **Agricultural Science in China**, v. 6, n. 10, p. 1246-55, 2007.

DYKHUIZEN, R. S. et al. Antimicrobial effect of acidified nitrite on gut pathogens: importance of dietary nitrate in host defence. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 40, n. 6, p. 1422-1425, 1996.

DOUGALL, H. T. et al. The effect of amoxycillin on salivary nitrite concentrations: an important mechanism of adverse reactions? **British Journal of Clinical Pharmacology**, v. 39, n. 4, p. 460-462, 1995.

EBATA, J. et al. The antimutagenicity of green leafy vegetables rich in nitrate toward N-nitrosodimethylamine (NDMA). **Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects**, v. 334, n. 3, p. 389-390, 1995.

FAN, A. M.; WILLHITE, C. C.; BOOK, S. A. Evaluation of the nitrate drinking water standard with reference to infant methemoglobinemia and potential reproductive toxicity. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 7, n. 2, p. 135-148, 1987.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose de estado nutricional de hortaliças**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2004. 88p.

FAVARO-TRINDADE, C. S. et al. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade da alface lisa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 2, p. 111-115, 2007.

FELTRIN, A. L. et al. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 505-509, 2005.

FERNANDES, A. A. et al. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FERNÍCOLA, N. G. G. de; AZEVEDO, F. A. de. Metemoglobinemia e nitrato nas águas. **Revista de Saúde Pública**, v. 15, n. 2, 1981.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FONTANÉTTI, A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.

FORMAN, D.; SHUKER, D. Helicobacter pylori and gastric cancer – A case study

in molecular epidemiology. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v. 379, n. 1, supl. 1, p. S59, 1997.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia** - NFT. Campinas: IAC, 1998. 30p. (IAC. Boletim Técnico, 168).

GALLOWAY, J. N.; COWLING, E. B. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. **Ambio**, v. 31, n. 2, p. 64-71, 2002.

GANGOLLI, S. D. et al. Assessment of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds. **European Journal of Pharmacology: Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 292, n. 1, p. 1-38, 1994.

GARÓFOLO, A. et al. Dieta e câncer: um enfoque epidemiológico. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 491-505, 2004.

GELEPERIN, A.; JACOBS, E. E.; KLETKE, L. S. The development of methaemoglobin in mothers and newborn infants from nitrate in water supplies. **Illinois Medical Journal**, v. 140, n. 1, p. 42-44, 1971.

GILCHRIST, M.; WINYARD, P. G.; BENJAMIN, N. Dietary nitrate – Good or bad? **Nitric Oxide**, v. 22, n. 2, p. 104-109, 2010.

GOLDSTEIN, A. et al. **Principles of drug action**. 2. ed. New York, Wiley Biomedical-Health Publ. p. 394, 411, 423. 1974.

GRANDE, L. et al. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003.

GRANGEIRO, L. C. et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 190-194, 2006.

GREER, F. R., SHANNON, M. Infant methemoglobinemia: the role of dietary nitrate in food and water. **Pediatrics**, v. 116, n. 3, p. 784-786, 2005.

GUADAGNIN, S. G.; RATH, S.; REYES, F. G. R. Evaluation of the nitrate content in leaf vegetables produced through different agricultural systems. **Food Additives and Contaminants**, v. 22, n. 12, p. 1203-1208, 2005.

HSU, J.; ARCOT, J.; LEE, N. A. Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. **Food Chemistry**, v. 115, n. 1, p. 334-339, 2009.

HU, P. L., ZHUANG, Z. C. Analysis and treatment of 15 cases of acute nitrite poisoning. **Pract. J. Cardiac Cereb. Pneum. Vasc. Dis.**, v. 17, p. 208-209, 2009. (in Chinese)

HUNCHAREK, M; KUPELNICK, B; WHEELER, L. Dietary cured meat and the risk of adult glioma: a meta-analysis of nine observational studies. **Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology**, v. 22, n. 2, p. 129-37, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário: Brasil**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/horti/default.asp?t=2&z=t&o=19&u1=1&u2=1&u3=1> Acesso em: 15 nov. 2010.

IL'YASOVA, D. et al. Human Exposure to Selected Animal Neurocarcinogens: a biomarker-based assessment and implications for brain tumor epidemiology. **Journal of Toxicology and Environmental Health B Critical Reviews**, v. 12, n. 3, p. 175-87. 2009.

INUI, N. et al. Transplacental action of sodium nitrite on embryonic cells of Syrian Golden Hamster. **Mutation Research**, v. 66, n. 2, p. 149-158, 1979.

JÄGERSTAD, M; SKOG, K. Genotoxicity of heat-processed foods. **Mutation Research**, v. 574, n. 1-2, p. 156-172, 2005.

JARVIS, S. C.; MENZI, H. Optimising best practice for N management in livestock systems: meeting environmental and production targets. **Grassland Science in Europe**, v. 9, p. 361-72, 2004.

JEDLICKOVA, V.; PALUCH, Z.; ALUSIK, S. J. Determination of nitrate and nitrite by high-performance liquid chromatography in human plasma. **Journal of Chromatography B**, v. 780, n. 1, p. 193-197, 2002.

JOOSSENS, J. V. et al. Dietary salt, nitrate and stomach cancer mortality in 24 countries. **International Journal of Epidemiology**, v. 25, n. 3, p. 494-504, 1996.

KELLEY, J. R.; DUGGAN, J. M. Gastric cancer epidemiology and risk factors, **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 56, n. 1, p. 1-9, 2003.

KEY, T. J. A. et al. Dietary habits and mortality in 11 000 vegetarians and health conscious people: results of a 17 year follow up. **British Medical Journal**, v. 313, n. 7060, p. 775-778, 1996.

KIM, H. J. et al. Dietary Factors and Gastric Cancer in Korea: A Case-Control Study. **International Journal of Cancer**, v. 97, n. 4, p. 531-535, 2002.

KUMAR, L.; MCLAY, P. Determination of volatile nitrosamines in various foods and malted alcoholic drinks. AGAL Public Interest Program. **Research and Development Report Series**, n. 98-31, 1998. 21p.

LAIRON, D. Nutritional quality and safety of organic food. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 1, p. 33-41, 2009.

LARSEN, F. J. et al. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. **Acta Physiologica**, v. 191, n. 1, p. 59-66, 2007.

LEIFERT, C. et al. Human health effects of nitrate. In: Ifa Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition, 1999, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona: IFA, 1999.

LIMA J. D. et al. Acúmulo de compostos nitrogenados e atividade da redutase do nitrato em alface produzida sob diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 3, p. 180-187, 2008.

LOPES, M. C. et al. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 211-215, 2003.

LOPES, J. C. et al. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

LU, X. M.; CHEN, L.; ZHANG, Q. X. Food poisoning causing methemoglobinemia – 6 cases. **Chin. Pract. J. Rural Doct**, v. 12, n. 60, 2005. (in Chinese)

LUNDBERG, J. O. et al. Nitrate, bacteria and human health. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 593-602, 2004.

LUZ, G. L. et al. A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2388-2394, 2008.

MANASSARAM, D. M.; BACKER, L. C.; MOLL, D. M. A review of nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 153-163, 2007.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Nitrato em alface e mobilidade do íon em solo adubado com composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 681-688, 2005a.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 758-762, 2005b.

MANTOVANI J. R. et al. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 53-59, 2005.

MATALLANA GONZÁLEZ, M. C.; MARTÍNEZ-TOMÉ, M. J.; TORIJA ISASA, M. E. **Food Additives and Contaminants: Part B**, v. 3, n. 1, p. 19-29, 2010.

MAYNARD, D. N. et al. Nitrate accumulation in vegetable. **Advances in Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 71-117, 1976.

MCKNIGHT, G. M, Chemical synthesis of nitric oxide in the stomach from dietary nitrate in humans, **Gut**, v. 40, p. 211-214, 1997.

MCKNIGHT, G. M. et al. Dietary nitrate in man: friend or foe? **British Journal of Nutrition**, v. 81, p. 349-358, 1999.

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

MILKOWSKI, A. et al. Nutritional epidemiology in the context of nitric oxide biology: A risk-benefit evaluation for dietary nitrite and nitrate. **Nitric Oxide**, v. 22, n. 2, p. 110-119, 2010.

MIRVISH, S. S. Experimental Evidence for Inhibition of *N*-Nitroso Compound Formation as a Factor in the Negative Correlation between Vitamin C Consumption and the Incidence of Certain Cancers. **Cancer Research**, v. 54, suppl. 7, p. 1948-1951, 1994.

MITACEK, E. J. et al. Exposure to N-nitroso compounds in a population of high liver cancer regions in Thailand: Volatile nitrosamine (VNA) levels in Thai food. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 4, p. 297-305, 1999.

MIYAZAWA, M.; KHATOUNIAN, C. A.; ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Agroecologia Hoje**, v. 3, n. 7, p. 23, 2001.

MOGHARBEL, A. D. I.; MASSON, M. L. Perigos associados ao consumo da alface, (*Lactuca sativa*), in natura. **Alimentos e Nutrição**, v. 16, n. 1, p. 83-88, 2005.

MONDIN, M. **Efeito de sistema de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares de alface**. 1996. 88f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 1996.

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CAMARGOS, M. I. Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 903-909, 2001.

MORIYA, A. et al. High nitric oxide levels at gastro-oesophageal (GO) junction induced by dietary nitrate? Cause of mutagenesis at go junction. **Gastroenterology**, v. 118, n. 4, parte 2, p. A1278, 2000.

MOU, B. Nutrient Content of Lettuce and its Improvement. **Current Nutrition & Food Science**, v. 5, n. 4, p. 242-248, 2009.

MUCHOVEJ, R. M. C.; RECHCIGL, J. E. Nitrogen fertilizers. In: RECHCIGL, J. E. (Ed.). **Soil amendments and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 1-64.

MUÑOZ-CARPENA, R. M. et al. Nitrogen evolution and fate in a Canary Islands (Spain) sprinkler fertigated banana plot. **Agricultural Water Management**, v. 52, n. 2, p. 93-117, 2002.

NORMAN, V.; KEITH, C. H. Nitrogen oxides in tobacco smoke. **Nature**, v. 205, n. 4974, p. 915-916, 1965.

OHSE, S. et al. Composição centesimal, teor de vitamina C e de nitrato em seis cultivares de alface produzidas em quatro soluções hidropônicas. **Insula**, Florianópolis, n. 31, p. 59-79, 2002.

OHSE, S. et al. Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 407-414, 2009.

OLOGHOBO, A. D.; ADEGEDE, H. I.; MADUAGIWU, E. N. Occurrence of nitrate, nitrite and volatile nitrosamines in certain feedstuffs and animal products. **Nutrition and Health**, v. 11, n. 2, p. 109-114, 1996.

ORMOND, J. G. P., et al. Agricultura orgânica: quando o passado é futuro. **BNDS Setorial**, n. 15, p. 3-34, 2002.

PORTO, M. L. et al. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 227-230, 2008.

PHILLIPS, I.; BURTON, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy Podosol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 73, p. 1-14, 2005.

RESH, H. M. **Hydroponic food production**: a definitive guide book for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. 5.ed. Santa Barbara: Woodbridge, 1995. 567p.

RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos**. 4.ed. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1997. 509p.

RIBEIRO, R. C. C. et al. Influência do sombrite no desenvolvimento da alface em Cultivo hidropônico. **Revista Verde**, v. 2, n. 2, p. 69-72, 2007.

RODRIGUES, J. O. et al. Modelos da concentração iônica em águas subterrâneas no Distrito de Irrigação Baixo Acaraú, **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 360-365, 2007.

SANCHEZ-ECHANIZ, J.; BENITO-FERNÁNDEZ, J.; MINTEGUI-RASO, S. Methemoglobinemia and consumption of vegetables in children. **Pediatrics**, v. 107, n. 5, p. 1024-1028, 2001.

SANTAMARIA, P. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation (review). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 1, p. 10-17, 2006.

SANTANA, L. R. R. et al. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 264-269, 2006.

SANTOS, J. S. et al. Nitrato e nitrito em leite produzido em sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 304-309, 2005.

SAVINO, F. et al. Methemoglobinemia caused by the ingestion of courgette soup given in order to resolve constipation in two formula-fed infants. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 50, n. 4, p. 368-371, 2006.

SCHRÖDER, F. G.; BERO, H. Nitrate uptake of *Lactuca sativa* L. depending on varieties and nutrient solution in hydroponic system PPH. **Acta Horticulturae**, v. 548, p. 551-555, 2001.

SCHRÖDER, J. J. et al. Nitrate leaching from cut grassland as affected by the substitution of slurry with nitrogen mineral fertilizer on two soil types. **Grass and Forage Science**, v. 65, n. 1, p. 49-57, 2010.

SHAPIRO, K. B., HOTCHKISS, J. H., ROE, D. A. Quantitative relationship between oral nitrate-reducing activity and the endogenous formation of N-nitrosoamino acids in humans. **Food and Chemical Toxicology**, v. 29, n. 11, p. 751-755, 1991.

SHUVAL, H. I.; GRUENER, N. Epidemiological and toxicological aspects of nitrates and nitrites in the environment. **American Journal of Public Health**, v. 62, n. 8, p. 1045-52, 1972.

SIDDIQI, M. et al. Increased exposure to dietary amines and nitrate in a population at high risk of oesophageal and gastric cancer in Kashmir (India). **Carcinogenesis**, v. 13, n. 8, p. 1331-1335, 1992.

SILVA MENDEZ, L. S. et al. Antimicrobial effect of acidified nitrite on cariogenic bacteria. **Oral Microbiology and Immunology**, v. 14, n. 6, p. 391-392, 1999.

SOBKO, T. et al. Dietary nitrate in Japanese traditional foods lowers diastolic blood pressure in healthy volunteers. **Nitric Oxide**, v. 22, n. 2, p. 136-140, 2010.

SPALDING, R.; EXNER, M. Occurrence of nitrate in ground-water. **Journal of Environmental Quality**, v. 22, p. 392-402, 1993.

STEFANI, E. et al. Dietary nitrosamines, heterocyclic amines and risk of gastric cancer: A case-control study in Uruguay. **Nutrition and Cancer**, v. 30, n. 2, p. 158-162, 1998.

STERTZ, S. C. et al. Qualidade nutricional e contaminantes de alface (*Lactuca sativa* L.) convencional, orgânica e hidropônica. **Visão Acadêmica**, v. 6, n. 1, p. 51-59, 2005.

SWANN, P. F. The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitrous compounds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 26, n. 11, p. 1761-1770, 1975.

TAMME, T. et al. Nitrates and Nitrites in Vegetables: Occurrence and Health Risks. **Bioactive Foods in Promoting Health**, p. 307-321, 2010.

TAYLOR, P. G. TOWNSEND, A. R. Stoichiometric control of organic carbon-nitrate relationships from soils to the sea. **Nature**, v. 464, n. 7292, p. 1178-1181, 2010.

TERRY, P.; TERRY, J. B.; WOLK, A. Fruit and vegetable consumption in the prevention of cancer: an update. **Journal of Internal Medicine**, v. 250, n. 4, p. 280-290, 2001.

TSUCHIYA, K. et al. Dietary nitrite ameliorates renal injury in L-NAME-induced hypertensive rats. **Nitric Oxide**, v. 22, n. 2, p. 98-103, 2010.

TURAZI, C. M.V. et al. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 65-70, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: BNB, 1993. 248p.

USGS. Nitrate in Ground Waters of the US-Assessing the Risk. **FS-092-96**. Reston, VA: U.S. Geological Survey; 1996a.

USGS. Nutrients in the Nation's Waters: Identifying Problems and Progress. **FS-218-96**. Reston, VA: National Water Quality Assessment Program, U.S. Geological Survey; 1996b.

USGS. The Quality of Our Nation's Waters: Nutrients and Pesticides. **Circular 1225**. Reston, VA: U.S. Geological Survey; 1999.

VANHOUTTE, P. M. Endothelial dysfunction: the first step toward coronary arteriosclerosis. **Circulation Journal**, v. 73, n. 4, p. 595-601, 2009.

VIDA, J. B. et al. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372, 2004.

WALTERS, C. L. The exposure of humans to nitrite. **Oncology**, v. 37, n. 4, p. 289-296, 1980.

WEBB, A. J. et al. Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite (see comment). **Hypertension**, v. 51, n. 3, p. 784-790, 2008.

WHO. Food Additives Series No 35. **Toxicological Evaluation of Certain Food Additives**. Forty-fourth Report of the Joint FAO/WHO Committee on Food Additives, Geneva, 1996.

WINTON, E. F. et al. Nitrate in drinking water. **J. Amer. Wat. Wks Ass.**, v. 63, p. 95-98, 1971.

WOLFF, I. A.; WASSERMAN, A. E. Nitrates, nitrites, and nitrosamines. **Science**, v. 177, n. 43, p. 15-19, 1972.

WU, Y. et al. Geographic Association between Urinary Excretion of *N*-Nitroso Compounds and Oesophageal Cancer mortality in China. **International Journal of Cancer**, v. 54, n. 5, p. 713-719, 1993.

YU, C., ZHAO, C. H. Treatment of acute poisoning causing methaemoglobinaemia. **Clin. Med. China**, v. 16, p. 503–504, 2000. (in Chinese)

ZAGO, V. C. P. et al. Aplicação de esterco bovino e uréia na couve e seus reflexos nos teores de nitrato e na qualidade. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 207-211, 1999.

ZHAO, J. W., ZHANG, F. Z. Methemoglobinemia following the consumption of preserved vegetables in 33 seamen. **J. Navy Med.**, v. 14, p. 280-281, 1996. (in Chinese).

## ANEXOS

### NORMAS DA REVISTA PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

#### **Análise dos artigos**

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

#### **Forma e preparação de manuscritos**

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

### **Organização do Artigo Científico**

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

### **Título**

Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “efeito” ou “influência”.

Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.

Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.

As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

**Nomes dos autores**

Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção “e”, “y” ou “and”, no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.

O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

**Endereço dos autores**

São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.

Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.

Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

**Resumo**

O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.

Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.

Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.

Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.

O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

**Termos para indexação**

A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.

Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.

Não devem conter palavras que componham o título.

Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

Devem, preferencialmente, ser termos contidos no AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus ([http://www.fao.org/aims/ag\\_intro.htm](http://www.fao.org/aims/ag_intro.htm)) ou no Índice de Assuntos da base SciELO (<http://www.scielo.br>).

## **Introdução**

A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ocupar, no máximo, duas páginas.

Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.

O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

## **Material e Métodos**

A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.

Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.

Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.

Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.

Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.

Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.

Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.

Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.

Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

## **Resultados e Discussão**

A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Deve ocupar quatro páginas, no máximo.

Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.

As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.

Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.

Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.

Dados não apresentados não podem ser discutidos.

Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.

As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.

Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.

As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

### **Conclusões**

O termo Conclusões deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.

Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.

Não podem consistir no resumo dos resultados.

Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.

Devem ser numeradas e no máximo cinco.

### **Agradecimentos**

A palavra Agradecimentos deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser breves e diretos, iniciando-se com “Ao, Aos, À ou Às” (pessoas ou instituições).

Devem conter o motivo do agradecimento.

### **Referências**

A palavra Referências deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.

Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.

Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.

Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.

Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.

Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

Teses

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003.

Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

### **Citações**

Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

A autocitação deve ser evitada.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

Redação das citações dentro de parênteses

Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.

Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

Redação das citações fora de parênteses

Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

### **Fórmulas, expressões e equações matemáticas**

Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

## **Tabelas**

As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.

Devem ser auto-explicativas.

Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.

Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

Notas de rodapé das tabelas

Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na

coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); \* e \*\* (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

## **Figuras**

São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

Devem ser auto-explicativas.

A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.

Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.

Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).

Não usar negrito nas figuras.

As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.

Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

### **Notas Científicas**

Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

#### **Apresentação de Notas Científicas**

A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.

As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

Resumo com 100 palavras, no máximo.

Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

Deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

### **Novas Cultivares**

Novas Cultivares são breves comunicações de cultivares que, depois de testadas e avaliadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), foram superiores às já utilizadas e serão incluídas na recomendação oficial.

#### **Apresentação de Novas Cultivares**

Deve conter: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, título em inglês, Abstract, Introdução, Características da Cultivar, Referências, tabelas e figuras.

As normas de apresentação de Novas Cultivares são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

Resumo com 100 palavras, no máximo.

Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

Deve apresentar, no máximo, 15 referências e quatro ilustrações (tabelas e figuras).

A introdução deve apresentar breve histórico do melhoramento da cultura, indicando as instituições envolvidas e as técnicas de cultivo desenvolvidas para superar determinado problema.

A expressão **Características da Cultivar** deve ser digitada em negrito, no centro da página.

Características da Cultivar deve conter os seguintes dados: características da planta, reação a doenças, produtividade de vagens e sementes, rendimento de grãos, classificação comercial, qualidade nutricional e qualidade industrial, sempre comparado com as cultivares testemunhas.

### **Outras informações**

Não há cobrança de taxa de publicação.

Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.

O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.

São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.

Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.

Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273- 9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: [pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br) ou pelos correios:

Embrapa Informação Tecnológica

Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB

Caixa Postal 040315

CEP 70770 901 Brasília, DF