



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
BOTÂNICA**

**CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS NUTRICIONAIS E  
ANTINUTRICIONAIS EM TAIOBAS (*XANTHOSOMA*  
SCHOTT)**

**Thaina de Almeida Lima**

**Brasília, 2009**

**THAINA DE ALMEIDA LIMA**

**CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS NUTRICIONAIS E  
ANTINUTRICIONAIS EM TAIOBAS (*XANTHOSOMA*  
SCHOTT)**

Dissertação submetida à Universidade de Brasília  
como parte dos requisitos para obtenção do grau  
de Mestre em Botânica.

Orientador: Dr. Fabian Borghetti

Co-Orientador: Dr. Octávio Luiz Franco

**Brasília, 2009**

# **CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS EM TAIOBAS (*XANTHOSOMA SCHOTT*)**

**THAINA DE ALMEIDA LIMA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Botânica, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília.

## **COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA**

---

**Dr. Fabian Borghetti**  
(Presidente – Membro Interno)

---

**Dr. Lúcio Flávio de Alencar Figueiredo**  
(Membro Externo)

---

**Dr. Francisco José Lima Aragão**  
(Membro Interno)

---

**Dr. Thales Lima Rocha**  
(Suplente)

## RESUMO

As culturas tuberosas são de extrema importância para a humanidade como fonte de alimento. As taiobas (*Xanthosoma* Scott), pertencentes à família Araceae, são utilizadas pelo homem como alimento desde os tempos Pré-Colombianos, e fazem parte da alimentação básica de vários países. Atualmente, os cormos destas espécies são utilizados na alimentação de vários países das Américas, oeste da África e China. No Brasil, o consumo dos cormos é pequeno, sendo a parte aérea da planta a mais apreciada. Foram realizadas análises nutricionais e antinutricionais básicas através de testes clássicos com cormos de algumas espécies de taioba, a fim de avaliar o potencial destas na alimentação humana. As espécies de taioba estudadas foram coletadas e processadas, a fim de obter uma fração aquosa para a detecção de biomoléculas solúveis. Os ensaios realizados visaram quantificar polissacarídeos solúveis, açúcares redutores, proteínas totais e aminoácidos livres, bem como detectar a presença de hematoaglutinantes, inibidores amilolíticos e inibidores proteolíticos. Em amostras de 100 gramas de cormos, os teores de açúcares redutores variaram entre 3,9-9,9 mg de acordo com a espécie; polissacarídeos solúveis oscilaram entre 13,9-45,9 mg; aminoácidos livres variaram entre 111,5-221,3 mg e proteínas totais entre 40-144 mg. Observou-se que nenhuma das amostras apresentou inibidores de amilases ou proteases. As espécies *X. atrovirens*, *X. brasiliense* e *X. mafaffa* apresentaram atividade aglutinante contra sangue do tipo B. Dentre as espécies analisadas, *X. sagittifolium*, *X. violaceum*, *X. mafaffa* e *X. dealbatum* se mostraram com maior potencial nutricional para consumo, apresentando maior concentração de nutrientes e excelente concentração protéica quando comparadas a outros tipos de culturas de tuberosas, como mandioca, batata, batata doce, cará e inhame, embora o teor de carboidratos seja em alguns casos mais baixo.

**Palavras-chave:** taiobas, cormos, nutricionais, antinutricionais, *Xanthosoma* sp.

## ABSTRACT

Tuber crops are extremely important to human kind. Tania (*Xanthosoma* Schott) belong to the Araceae family and have been used as staple food since Pre-Colombian times. Nowadays, cormels are eaten in China, South and Latin Americas and West Africa. In Brazil, there is little use of cormels as food source, although the aerial parts of tania are very appreciated as green vegetable. In order to improve knowledge about the nutritional value of tania cormels for human dietary, nutritional and anti nutritional analysis of corms from seven species were carried out by using standard procedures. Species were harvested and processed in order to obtain an aqueous fraction for analysis of soluble molecules. Assays were conducted in order to determine soluble polysaccharides, reducing sugars, total protein and free amino acid content. Indeed, anti nutritional analysis were conducted in order to detect agglutinating activity and amilolytic and proteolytic inhibitors. In samples of 100 g, reducing sugar levels varied between 3,9-9,9 mg according to the species; polysaccharides concentration varied between 13.9-45.9 mg; free amino acid contents were between 111.5-221.3 mg and total protein from 40 to 144 mg. None of species presented enzyme inhibitors, but *X. atrovirens*, *X. brasiliense* and *X. mafaffa* presented agglutinating activity towards blood type B. *Xanthosoma sagittifolium*, *X. violaceum*, *X. mafaffa* and *X. dealbatum* demonstrated a great potential for human dietary due to their larger concentration of nutrients and excellent amounts of protein, when compared to other starchy crops.

**Keywords:** tania, corm, nutritional, anti nutritional, *Xanthosoma* sp.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>VI</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
O GÊNERO XANTHOSOMA SCHOTT .....	4
DOMESTICAÇÃO .....	9
ACÚMULO DE RESERVAS .....	10
CARBOIDRATOS NÃO ESTRUTURAIIS.....	12
COMPOSTOS NITROGENADOS .....	14
DESNUTRIÇÃO HUMANA .....	17
FATORES ANTINUTRICIONAIS .....	18
INIBIDORES ENZIMÁTICOS.....	19
<i>Inibidores de proteases</i> .....	19
<i>Inibidores de amilases</i> .....	20
LECTINAS OU HEMAGLUTININAS .....	21
<b>EVALUATION OF NUTRITIONAL AND ANTI NUTRITIONAL COMPOUNDS FROM TANIAS (XANTHOSOMA SCHOTT) CORMS .....</b>	<b>25</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>59</b>
ANEXO 1 .....	60
ANEXO 2 .....	61
ANEXO 3 .....	62
ANEXO 4 .....	63

## INTRODUÇÃO

A busca de fontes alternativas de nutrientes, principalmente de proteínas, se faz necessária à medida que a desnutrição humana é um problema constante e mundial. A desnutrição protéico-calórica é um termo que se refere aos distúrbios clínicos que resultam da carência de proteínas e energia no organismo, acompanhadas por lesões adicionais fisiológicas, ambientais e estresse (Millward, 2003; Millward e Jackson, 2004; Wolfe, 2008). Indivíduos afetados pela ingestão inadequada de proteína e/ou energia apresentam o sistema imune deprimido, podendo levar à morte por infecções secundárias (Millward e Jackson, 2004).

De acordo com Costa (2006), publicações científicas em todo mundo apontaram a desnutrição como a responsável direta por maiores índices de morbidade e mortalidade. A Organização Mundial de Saúde estima que 35% dos óbitos anuais em crianças com menos de 5 anos sejam causados indireta ou diretamente por desnutrições severas (WHO, 2008).

O estudo do valor protéico de alimentos de origem vegetal se faz importante, pois pode servir como suplemento alimentar na dieta das populações mais carentes, principalmente devido à falta de acesso dessas populações aos alimentos de origem animal pelo seu alto custo (Millward, 1999). Sessenta e cinco por cento de proteína comestível em todo mundo advém de fontes vegetais (Young e Pellett, 1994), e oitenta por cento dessas proteínas são consumidas pela população de países em desenvolvimento (Friedman, 1996b).

A realização de estudos dos nutrientes e dos fatores antinutricionais dos vegetais de uso convencional e não convencional é essencial, a fim de se estabelecer a viabilidade de consumo sem causar prejuízo à saúde do ser humano. As espécies do gênero *Xanthosoma* já se encontram inseridas na cultura de diversos países, e estudos quantitativos e qualitativos acerca da composição nutricional destas espécies pode gerar grandes contribuições sociais e econômicas. Entretanto, estudos sobre aspectos nutricionais

envolvendo as taiobas são, em sua maioria, muito antigos e contemplam apenas o amido.

A premissa do presente trabalho é a de que os cormos das espécies pertencentes ao gênero *Xanthosoma*, utilizados amplamente nas dietas de diversos países desde os tempos Pré-Colombianos, suprem as necessidades dietárias básicas, com fatores antinutricionais ausentes ou pouco danosos à saúde humana. Cormos de taioba são ainda consumidos em diversos países da África, América Central, América do Sul e Antilhas. Nesses países, os cormos são utilizados como fonte de carboidratos, sendo apresentados em forma de purês, cozidos ou mesmo assados, a fim de anular a irritabilidade conferida pelos cristais de oxalato de cálcio. A continuidade de seu consumo até os dias atuais, ainda que em menor escala, justifica a permanência destes órgãos vegetais como alimento palatável e rico em nutrientes.

O objetivo principal deste trabalho foi caracterizar os compostos nutricionais e antinutricionais de cormos de sete espécies do gênero *Xanthosoma*, sendo os objetivos específicos:

1. Determinar as concentrações de proteínas, carboidratos e aminoácidos totais das diferentes amostras vegetais;
2. Avaliar a atividade antinutricional dos extratos obtidos através de ensaios de inibição enzimática;
3. Avaliar a atividade hematoaglutinante dos extratos vegetais;
4. Indicar entre as espécies estudadas as mais nutritivas para o consumo humano.

Esta dissertação encontra-se estruturada na forma de artigo científico (*Short Communication*), em formatação padrão do periódico internacional *Journal of Food Composition and Analysis*, ao qual foi submetido após sugestões e correções da Banca Examinadora.



## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### ***Considerações gerais sobre a família Araceae***

O termo Araceae se origina da palavra grega "arum" ou "aron" que significa colheita, produtos do campo. As aráceas têm sido registradas por muitos botânicos e historiadores desde a antiguidade (Mayo *et al.*, 1997). A família Araceae apresenta ocorrência concentrada nas regiões tropical e subtropical tendo sido, até o presente momento, identificadas no mundo 100 gêneros e cerca de 3000 espécies que ocorrem nos ambientes mais variados. Considera-se que as aráceas tenham se diversificado das demais monocotiledôneas por possuírem uma série de características morfológicas e químicas que, apesar de não serem totalmente exclusivas do grupo, são vistas em conjunto apenas nesta família (Grayum, 1990).

As aráceas são ervas terrestres, epífitas, hemiepífitas, plantas aquáticas flutuantes livres ou submersas fixas, com caules trepadores (lianas), arborescentes ou eretos, reptantes ou ainda, subterrâneos. As folhas são alternas, simples a compostas, com pecíolos conspícuos, bainhas às vezes geniculadas no ápice, lâmina inteira ou fenestrada, ovada, cordada, sagitada, hastada, trifida ou trissecta, pedatífida, pinatífida, pedatissecta a dracontióide. Inflorescências terminais, bráctea (espata) e espádice com flores bissexuais ou unissexuais; gineceu sincárpico, uni a multilocular; fruto baga, sementes com tamanhos variados (Mayo, 1999).

As aráceas de interesse econômico são cultivadas devido ao valor de seus órgãos subterrâneos comestíveis ou por suas folhas que podem ser usadas como verduras de mesa (Graziano, 1990; Pinto *et al.*, 2001a).

Cinco gêneros da família são considerados os mais importantes economicamente: *Cyrtosperma*, *Amorphophallus*, *Alocasia*, *Colocasia* e *Xanthosoma*, sendo que as espécies mais cultivadas para fins alimentícios pertencem aos gêneros com menor número de espécies, como *Monstera* (50 espécies) e *Xanthosoma* (40 espécies) (Pedralli, 2002). No Brasil as aráceas

estão dispersas em cerca de 12 gêneros e 60 espécies (Gonçalves, 2000; Souza e Lorenzi, 2005).

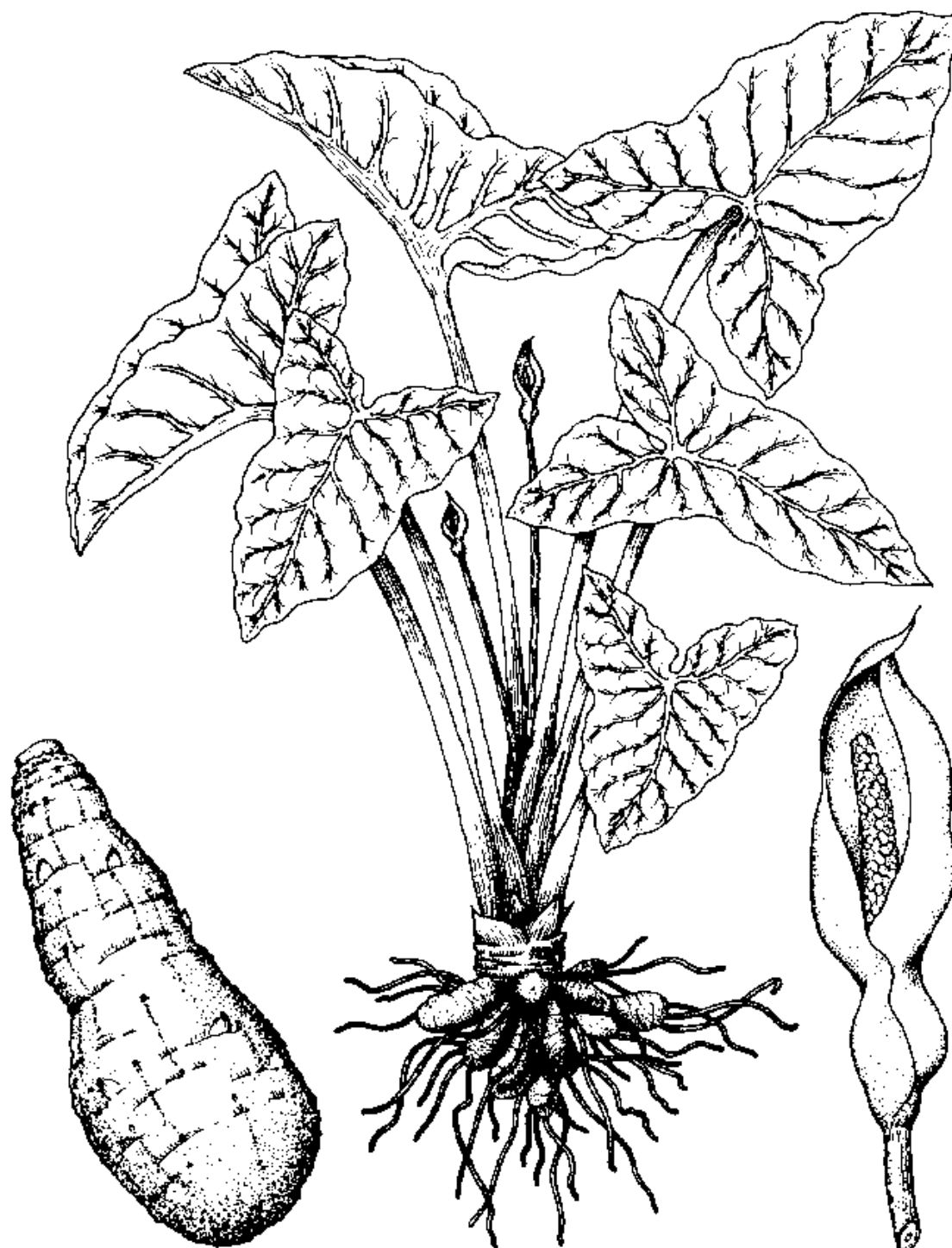
### **O gênero Xanthosoma Schott**

A etimologia do gênero vem do grego *xanthos* = amarelo e *soma* = corpo, devido à cor amarela ou amarelada da polpa dos cormos, característica comum a várias espécies. O gênero conta com cerca de 60 espécies, distribuídas em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul (Gonçalves, 2000) e pertence à tribo Caladiae da família Araceae. Algumas são consideradas pelos etnobotânicos como a cultura de raiz mais antiga do mundo (Morton, 1972). Normalmente, as espécies de *Xanthosoma* são discutidas juntamente com o inhame (*Colocasia* Schott, tribo Colocasieae) ou mesmo confundida com esta cultura típica (Plowman, 1969). São conhecidas por diversos nomes populares como taioba, malanga, guagui, taio, yautia, tanier, tania, new cocoyam, mangarito ou taiá (Coursey, 1968; Morton, 1972; Mayo *et al.*, 1997).

É provável que as Antilhas e a América Central tenham desempenhado papel primordial na seleção e dispersão de espécies e variedades cultivadas (Bondar, 1954), sendo as espécies *X. sagittifolium* e *X. mafaffa* as de maior importância econômica (Heredia Zárate *et al.*, 2005).

A floração é rara e consiste numa espádice cilíndrica de flores envoltas por uma espata com cerca de 10-15 cm de comprimento. As flores são unissexuais, sendo as flores femininas distribuídas na base da espádice e as masculinas em seu ápice. Entre as flores pistiladas e as estaminadas, encontram-se flores estéreis. As espádices raramente são férteis e produzem poucas sementes viáveis (Castro, 2006). A floração é mais provável de ocorrer em regiões úmidas ou durante estações chuvosas (Purseglove, 1972).

A planta tem aproveitamento integral na alimentação (folhas e cormos) (Pinto, 1998). As folhas, além de grandes e de fácil preparo, possuem grande



**Figura 1** – Desenho esquemático. Morfologia geral de uma taioba (*Xanthosoma* sp.) típica (Giacometti e Léon, 1994).





**Figura 2** – Aspecto de uma planta adulta (*Xanthosoma dealbatum*). Espécime cultivado no Horto Botânico da Universidade Católica de Brasília.

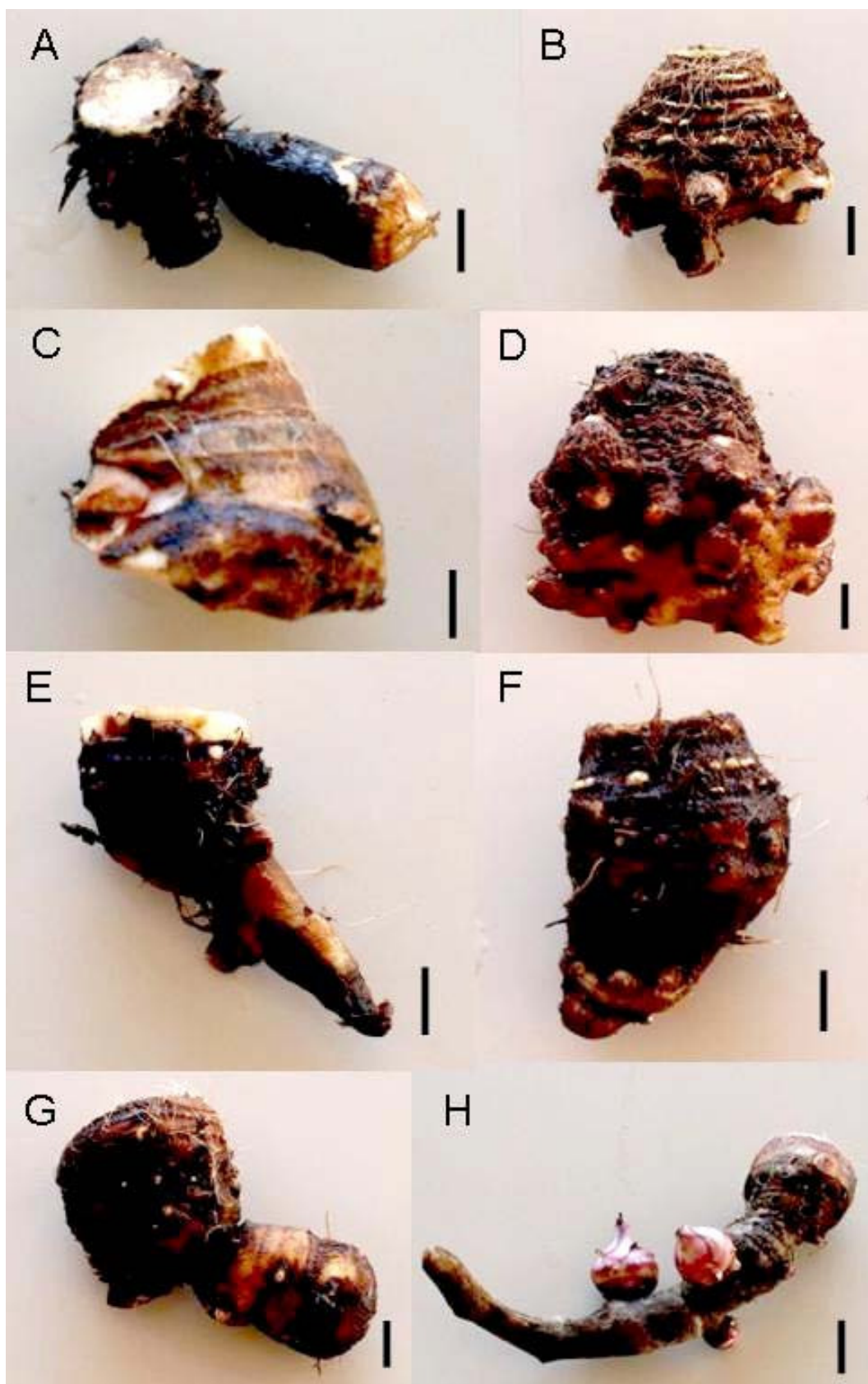
riqueza em nutrientes (Abramo, 1990), sendo fonte de vitaminas A e C, e, principalmente ferro, potássio, cálcio e manganês (Carvalho e Cordeiro, 1990; Pinto *et al.*, 1999; Omokolo *et al.*, 2003). O limbo foliar destaca-se como fonte de ferro e cálcio, podendo ser utilizado em dietas que visem à suplementação de minerais, principalmente aqueles que uma boa parte da população brasileira é carente. Quanto aos teores de vitamina C, a taioba pode ser comparada com a laranja, fonte convencional e já indicada como boa deste constituinte (Pinto *et al.*, 2001b). As taiobas suprem boa parte de nossas necessidades diárias, podendo aumentar a qualidade da dieta, principalmente onde há necessidade de redução calórica (Souza, 2008).

Por ser um alimento subexplorado, seu consumo precisa ser incentivado. Sua produção a partir dos cultivos orgânico ou natural, devido à simplicidade e baixo custo, poderiam ser importantes alternativas na agricultura familiar, auxiliando a inclusão social e a qualidade nutricional (Souza, 2008). Apesar de no Brasil haver regiões de clima favorável ao cultivo de taioba, seu valor econômico é pouco conhecido e explorado (Seganfredo, 1998).

Em regiões como China, Américas e oeste da África (Giacometti, 1994), há relatos de que os cormos da planta são utilizados na dieta humana, como importante fonte de carboidratos. No Brasil, apesar dos incentivos governamentais nas décadas de 40 e 50 visando difundir seu cultivo em regiões de clima tropical, ainda hoje a cultura é pouco explorada, sendo ainda considerada olerícola de fundo de quintal (Seganfredo, 1998).

Atualmente, o cultivo de taioba está se difundindo em diversos continentes, sendo a planta mais intensamente cultivada e consumida nos países da América Central, África e Ásia (Pinto *et al.*, 2001b). No Brasil, o consumo dos cormos é reduzido, no entanto, há comércio regular de suas folhas nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo (Seganfredo *et al.*, 2001; Mangan *et al.*, 2007; Silva, 2007). Diversas variedades são cultivadas no Brasil, destacando-se a taioba comum (*X. sagittifolium*), a taioba roxa (*X. violaceum*). A produção de folhas varia de 10 a 25 t/ha durante o período de colheita, sendo esse período, geralmente de nove meses dependendo da região de cultivo no Brasil (Mangan *et al.*, 2007).





**Figura 3** – Cormos de taioba (*Xanthosoma* sp.). A – *X. appediculatum*; B – *X. atrovirens*; C – *X. atrovirens* “amarillo”; D – *X. brasiliense*; E – *X. dealbatum*; F – *X. mafaffa*; G – *X. sagittifolium*; H – *X. violaceum*. Barras em preto representam 2 cm.

## **Domesticação**

Desde o início da civilização as pessoas vêm com as mais variadas finalidades se relacionando com as plantas, manejando-as, propiciando maior variabilidade genética intraespecífica e gerando, por vezes, um grau intenso de diferenciação dentro de espécies como no caso do milho (*Zea mays* L.), da mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) e da batata (*Solanum tuberosum* L.) (Clement, 1999; Getps, 2004). Esse processo evolutivo operando sob influência humana é denominado domesticação (Harlan, 1975).

Com o avanço dos estudos etnobotânicos, ecológicos e genéticos, foram incorporadas a este conceito as ações humanas que podem ocasionar alterações na estrutura genética das plantas resultando em modificações genotípicas e fenotípicas, bem como os motivos inconscientes e conscientes, que levam as populações humanas a selecionar e manejar as plantas (Casas e Caballero, 1996; Marín *et al.*, 1996; Cruz e Casas, 2002; Arellano e Casas, 2003; Carmona e Casas, 2005). Segundo Lira e Casas (1998) tal processo de domesticação está também diretamente vinculado às necessidades de sobrevivência dos grupos humanos, ou seja, o critério de seleção das plantas baseia-se na sua importância cultural como recurso.

A domesticação pode ser intencional e/ou não intencional, como originalmente formulada por Charles Darwin, sendo que ao longo do século XX outros autores desenvolveram a aplicabilidade do conceito (Clement, 1999; Rendón e Núñez-Farfán; 1998; Heiser, 1988; Zohary, 2004). A seleção intencional está fortemente associada ao fato de grupos humanos conservarem os indivíduos mais valorosos de uma comunidade ou população vegetal, usando esses como modelos para criação das gerações futuras, mantendo tais estruturas pré-estabelecidas por eles nas gerações seguintes (Heiser, 1988; Zohary, 2004). Por sua vez, na seleção não intencional, os indivíduos também são escolhidos em função de uma característica alvo interessante, sendo eliminados os que não apresentam características desejáveis, além da transição dessas espécies para ambientes modificados por atividade humana

desencadearem alterações automáticas em função de uma nova condição ecossistêmica em que agora se encontram (Heiser, 1988; Zohary, 2004).

Os indivíduos que apresentam características desejáveis para as culturas mantenedoras destes recursos podem ser tolerados em áreas de outros cultivos promovidos, onde as pessoas atuem na distribuição e dispersão dessas espécies por via vegetativa ou sexual, protegendo-as principalmente de competidores (Caballero, 1990; Salinas *et al.*, 1993; Casas *et al.*, 1997; Lira e Casas, 1998; Zohary, 2004; Gepts, 2004).

O tipo de seleção, juntamente com essas formas de manejo, parece desencadear uma série de alterações estruturais evidenciadas nas conhecidas “síndromes de domesticação” (Gepts, 2004), as quais se manifestam com diferentes intensidades, não sendo tais características facilmente discerníveis nas espécies em estado incipiente de domesticação (Lira e Casas, 1998). Tais manipulações das populações vegetais parecem propiciar modificações morfológicas, fisiológicas e, presumivelmente, genéticas, levando a uma divergência fenotípica entre populações sob diferentes regimes de manejo (Casas e Caballero, 1996; Marín *et al.*, 1996; Cruz e Casas, 2002; Arellano e Casas, 2003; Carmona e Casas, 2005).

Ao longo de sua história como alimento, as taiobas foram submetidas a constantes processos de domesticação, resultando na sua difusão como componente nutritivo da dieta de vários povos (Hather e Hammond, 1994).

### **Acúmulo de reservas**

Reservas orgânicas são compostos constituídos principalmente por carbono e nitrogênio, elaborados e armazenados pela planta em órgãos permanentes, principalmente aqueles remanescentes à desfolha, usados como substrato nos processos de manutenção durante períodos de estresse e formação de novos tecidos durante a recuperação após desfolha (Sheard, 1973). As plantas fazem uso de dois processos para armazenar reservas, a formação propriamente dita de sítios de acúmulo de substâncias e a reciclagem interna de compostos orgânicos (Lemaire e Millard, 1999). Segundo Thornton *et al.* (2000), o processo de formação de reservas envolve a deposição de



carbono e/ou nitrogênio, ou compostos originados desses elementos em organelas de armazenamento, tais como o vacúolo e o amiloplasto. De forma alternativa, a formação de reservas nitrogenadas também pode ser feita através da deposição de compostos protéicos em órgãos de reserva, ou mesmo em sementes. Além disso, a produção de proteínas de reserva – grupo de proteínas sintetizadas preferencialmente durante a formação das reservas, utilizado na produção de novos tecidos e que se destaca por ser mais abundante do que outros tipos de proteínas em órgãos de armazenamento – seria outro exemplo de formação desse tipo de reservas (Avice *et al.*, 1996, 1997 a, b; Core *et al.*, 1996; Volenec *et al.*, 1996; Thornton, 2000; Le Dily, *et al.*, 2001). A deposição de amido em raízes se constitui num exemplo de armazenamento de carbono através do processo de formação de reservas (Avice *et al.*, 1997 b).

A alocação de compostos para a formação de reservas freqüentemente é feita por transporte ativo através de membranas, e ocorre quando a disponibilidade de carbono e/ou nitrogênio na planta excede os requerimentos para crescimento e manutenção de tecidos (Lemaire e Millard, 1999). A reciclagem de compostos, também caracterizada como mecanismo de reserva, é mais dinâmica do que a formação de sítios de armazenamento e envolve, normalmente, pequenas quantidades de compostos que se encontram metabolicamente ativos (Thornton *et al.*, 2000) e, portanto, prontos para serem utilizadas na gênese de tecidos. Segundo esses autores, a reciclagem de carbono e nitrogênio ocorre como uma conseqüência do desenvolvimento e renovação de tecidos e se caracteriza como uma forma dinâmica de reserva, pois disponibiliza compostos para a formação de novos tecidos em curto prazo.

Com relação aos sítios de armazenamento, Sheard (1973) indicou que as plantas acumulam compostos de reserva em órgãos permanentes, remanescentes após a desfolha e/ou associados com mecanismos de reprodução vegetativa. Conseqüentemente, órgãos como raízes, rizomas, estolões ou os cormos encontrados nas taiobas são utilizados para armazenar substâncias de reserva.

## **Carboidratos não estruturais**

O ciclo de redução do carbono (fotossíntese) resulta na produção de carboidratos, que possuem diversas atribuições nos vegetais, como o armazenamento e translocação de carbono e a proteção contra vários tipos de condições ambientais adversas, como a restrição hídrica, alta salinidade e temperaturas extremas (Keller e Pharr, 1996).

Os vegetais apresentam diferentes tipos de carboidratos de reserva, solúveis e insolúveis. A estrutura química e a concentração desses compostos variam entre espécies, órgãos, tecidos e células, bem como ao longo do dia, e nas diferentes estações anuais (Lewis, 1984).

Os monossacarídeos glicose e frutose ocorrem em todas as plantas vasculares, tanto como produtos de hidrólise de seus ésteres fosfato, quanto do dissacarídeo sacarose. Podem também derivar da hidrólise de seus polímeros amido e frutano. Ambos são substratos da enzima hexoquinase, através da qual são metabolizados como fonte de energia pela glicólise, pela via das pentoses-fosfato e do ciclo do ácido cítrico. Constituem também os principais esqueletos de carbono para a síntese de intermediários dessas vias, e ainda são unidades para a síntese de oligo e polissacarídeos (Taiz e Zeiger, 2004).

A sacarose, por sua vez, é o principal açúcar de plantas vasculares. É encontrada universalmente em vegetais, com frequência em altas concentrações. Devido à sua natureza não redutora, esse açúcar pode ser translocado e armazenado nos vacúolos celulares, não sendo metabolizado até ser necessário. É uma molécula altamente solúvel e quimicamente inerte quando em contato com proteínas, pois não forma ligações covalentes com grupamentos amina livres. É também a molécula que retém a maior energia livre de hidrólise conhecida para uma ligação glicosídica. Além de fornecer substrato para síntese de material celular e de outros carboidratos de reserva, como amido e frutano, a sacarose atua como molécula sinalizadora do metabolismo e do desenvolvimento vegetal, através da modulação da expressão gênica e do *turnover* de proteínas (Farrar *et al.*, 2000).

O segundo principal carboidrato com função de reserva em plantas é o amido. Seu sítio de deposição, no entanto, difere do da sacarose, sendo em cloroplastos nas folhas e em amiloplastos nos tecidos não-fotossintetizantes. Existe uma relação dinâmica ativa do fluxo de açúcares entre o amido e a sacarose, mas a transferência destes não é direta e envolve diversos passos enzimáticos (Avigad e Dey, 1997).

O acúmulo de amido geralmente dá-se em grânulos que variam em forma e tamanho entre as diferentes espécies de plantas. Nos cloroplastos, de um modo geral, o amido é acumulado nos períodos de luz, sendo rapidamente degradado no período de escuro e seus produtos exportados para o citosol, onde são principalmente convertidos a sacarose. Nos amiloplastos de tecidos não-fotossintetizantes, como sementes, raízes e tubérculos, o amido é acumulado por períodos mais prolongados e mobilizado quando o crescimento é retomado (Ong *et al.*, 1994).

O amido é constituído por duas frações polissacarídicas distintas: a amilopectina, que é a fração majoritária (65-85%) e uma das maiores moléculas conhecidas, podendo atingir massa molecular da ordem de 107-108 kDa. É formado por unidades de glicose unidas por ligações  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) e ramificada de forma complexa, através de ligações  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6), responsáveis pelo empacotamento semicristalino denso desses glucanos. A amilose é a fração minoritária dos grãos de amido (15-35%), não possui estrutura semicristalina e consiste de moléculas menores (104-105 Da), com baixos níveis de ramificação (menos de 1%) através de ligações  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) entre as unidades de glicose (Ball *et al.*, 1998).

Informações recentes mostraram que o amido foliar de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. contém os mesmos polímeros, em concentrações similares e com mesmo nível de organização molecular estrutural do amido de reserva de sementes, tubérculos e folhas de outras plantas superiores. Apresenta-se com orientação radial, em camadas semicristalinas e amorfas intercaladas, na forma de anéis de crescimento. A amilopectina, em particular, tem estrutura cristalina, que se repete com periodicidade de 9 nanômetros. Como os fatores que determinam o tamanho dos grãos de amido, sua forma e seu número em

diferentes espécies não são totalmente conhecidos, o uso de mutantes com alterações na morfologia e no número desses grãos poderá representar uma ferramenta útil para responder a essas questões (Zeeman *et al.*, 2002).

Embora sejam os carboidratos mais abundantes, muitas espécies não utilizam o amido e a sacarose como fonte primária de carbono, mas sim sacarosil-oligossacarídeos altamente solúveis, como os frutanos, oligossacarídeos da família da rafinose, ou, ainda, os polióis como o manitol e o sorbitol (Buchi *et al.*, 1998).

Os frutanos constituem o terceiro grupo de carboidratos não-estruturais de maior ocorrência entre os vegetais. Estes compostos são polímeros de frutose derivados da sacarose, e consistem de séries homólogas de oligo e polissacarídeos não-redutores. O elemento mais simples da série é um trissacarídeo denominado monofrutosil-sacarose, para o qual três isômeros foram caracterizados: 1-cestose, 6-cestose e neo-cestose (Carvalho e Figueiredo-Ribeiro, 2001).

### ***Compostos nitrogenados***

Considerando-se que o carbono é o principal constituinte das plantas superiores sendo encontrado principalmente sob a forma de carboidratos, a taxa de acúmulo de biomassa vegetal em comunidades de plantas é, portanto, determinada pela taxa na qual esse elemento é incorporado aos tecidos (Lemaire e Chapman, 1996). A taxa de acúmulo de carbono, por sua vez, é influenciada pelo conteúdo de nitrogênio presente na planta. A interação e a dinâmica desses elementos estão intimamente ligadas aos processos metabólicos que resultam no crescimento da planta (Lemaire e Chapman, 1996).

Dentre as diversas classes de compostos orgânicos, o nitrogênio é encontrado somente em aminoácidos, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos, os quais compreendem um grupo extenso de moléculas (Taiz e Zeiger, 2004; Mengel e Kirkby, 2001). Os aminoácidos são as unidades básicas que formam as proteínas. As proteínas ocorrem sob várias formas nos seres vivos como

enzimas, acelerando a velocidade de inúmeras reações químicas em diversas vias metabólicas; no citoplasma e membranas, apresentando função estrutural e atuando como carregadores em funções específicas de transporte intra e extracelular. Adicionalmente, os ácidos nucléicos têm a capacidade de codificar, armazenar e traduzir as informações genéticas em organismos vivos (Novoa e Loomis, 1981; Elliot e Elliot, 1997).

As plantas contêm cerca de 20 a 50 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, expresso em base de massa seca (Novoa e Loomis, 1981; Taiz e Zeiger, 1998; Whitehead, 2000; Mengel e Kirkby, 2001), sendo que entre 80 e 90% desse teor corresponde somente ao nitrogênio presente na forma de proteínas (Novoa e Loomis, 1981).

Proteínas são polímeros de aminoácidos compostos por nitrogênio, carbono e oxigênio, podendo algumas vezes apresentar enxofre, fósforo, ferro e cobalto; difere de carboidratos e gorduras pelo seu conteúdo de nitrogênio (Nelson e Cox, 2002). São constituídas pela combinação de 20 aminoácidos, dentre os quais apenas nove são considerados essenciais na dieta humana (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) enquanto os outros são sintetizados pelo organismo humano (Sarwar e McDonough, 1990). Além destes, vegetais são também capazes de sintetizar grande número de aminoácidos não protéicos (Taiz e Zeiger, 2004), constituindo uma fonte de nitrogênio assimilável que pode ser utilizada no metabolismo humano na construção de outras biomoléculas.

Da qualidade da proteína resulta o seu valor nutricional, uma vez que a qualidade nutricional de uma proteína está relacionada à sua capacidade de satisfazer as necessidades do organismo humano: promover um crescimento normal em crianças e de manutenção no adulto (Costa, 2006). As proteínas são indispensáveis para o crescimento e manutenção da vida. Exercem funções catalíticas, estruturais, hormonais, contráteis, de regulação gênica, de defesa e de transporte nos fluidos biológicos (Nelson e Cox, 2002). As proteínas da dieta estão envolvidas na síntese das proteínas teciduais e outras funções metabólicas essenciais. Os aminoácidos contidos nas proteínas da dieta são os compostos mais importantes que levam o nitrogênio para o corpo

e devem estar presentes em quantidades e proporções definidas requeridas pelo organismo (Friedman, 1996b).

O valor nutritivo de uma proteína depende dos seguintes aspectos: composição, digestibilidade, biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais, ausência de toxicidade e/ ou propriedades antinutricionais (Costa, 2006).

É importante ressaltar que a maior importância relativa dos compostos nitrogenados em comparação aos carboidratos não estruturais de reserva não deve ser confundida com uma maior importância do nitrogênio em relação ao carbono. Embora Avice *et al.* (1996a) tenham mostrado que o teor de carbono das proteínas e aminoácidos presentes nas hastes e folhas da alfafa varia entre 18 e 32%, respectivamente, Elliot e Elliot (1997) apontaram que na composição média de proteínas, esse teor normalmente varia entre 50 e 55%, ao passo que o teor de nitrogênio oscila entre 12 e 19%, indicando que mesmo nas frações nitrogenadas, o carbono é o principal constituinte.

Com relação à caracterização dos compostos nitrogenados presentes em órgãos de reserva, os principais trabalhos relativos à descrição dessas frações relacionam exclusivamente as proteínas e aminoácidos (Ourry *et al.*, 1988, 1993, 1994; Cyr e Bewley, 1990; Kim *et al.*, 1991; Avice *et al.*, 1996, 1997 a; Volenec *et al.*, 1996), muito embora Silveira (1985) tenha apontado que as três principais frações de nitrogênio na planta seriam: N inorgânico ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ), N em aminoácidos (aminoácidos, amins e amidas) e N protéico. A justificativa para a mensuração exclusiva dos teores de proteínas e aminoácidos reside no fato que a planta prioriza o uso de esqueletos ou compostos orgânicos (aminoácidos e proteínas, respectivamente), previamente sintetizados para a formação de novos tecidos (Avice *et al.*, 1996), ao invés de utilizar formas inorgânicas que necessitariam ser incorporadas a essas moléculas, uma vez que a planta busca minimizar gastos energéticos durante a fase de recuperação após desfolha (Millard, 1996).

Dentre os compostos nitrogenados de reserva, os aminoácidos parecem ser os mais rápida e facilmente utilizados durante a gênese de tecidos, enquanto as proteínas se destacam como a mais importante fração em termos quantitativos (Ourry *et al.*, 1988; Kim, *et al.*, 1991; Hendershot e Volenec, 1993;

Volenec *et al.*, 1996; Justes *et al.*, 2002). Normalmente, durante a recuperação das plantas após a desfolha, é observado um aumento marcante na atividade de enzimas proteolíticas (proteases) com concomitantes reduções nos teores de proteínas solúveis presentes em órgãos de reserva, resultando na produção de aminoácidos livres, que seriam translocados para as zonas meristemáticas e contribuiriam para a formação de tecidos foliares (Ourry *et al.*, 1988; Hendershot e Volenec, 1993; Volenec *et al.*, 1996).

### ***Desnutrição humana***

A fome e a desnutrição permanecem entre as principais conseqüências da pobreza mundial, principalmente entre os países em desenvolvimento. Aproximadamente 30% da população – em especial crianças, adolescentes e idosos – sofrem de um ou mais tipos de desnutrição (WHO 2000; WHO/FAO, 2004; WHO/FAO, 2005; WHO, 2008).

O termo “desnutrição” pode abrigar diferentes significados. Para Morgane *et al.* (2002), o termo “subnutrição” indica uma desnutrição energética, onde existe deficiência global de nutrientes. Por outro lado, o termo “má nutrição” implica em proporções desequilibradas de um ou mais nutrientes, referindo-se à sua deficiência ou excesso. Desta forma, etimologicamente, podem receber o conceito de “desnutrição” estados determinados por deficiência quantitativa (energia) ou qualitativa (um ou mais nutrientes), consumo alimentar excessivo e mesmo certas doenças metabólicas características de desvios da nutrição normal.

A desnutrição humana está associada a uma série de fatores que incluem a pobreza, a negligência e abuso de drogas, e consiste de aspectos biológicos, psicológicos e sociológicos (Morgane *et al.*, 2002). Um fator agravante associado aos efeitos de longa duração, ou até mesmo permanentes, é o de que estes vários dispositivos e práticas comportamentais – associados com a desnutrição – tendem a ser transmitidos de geração a geração. A extensão pela qual estes efeitos se tornam perpetuados, e mesmo cumulativos sobre várias gerações, demonstra que reabilitação educacional,

econômica, comportamental e nutricional extensiva para além de uma única geração é necessária para mitigar os efeitos residuais desta desnutrição multigeracional (Morgane *et al.*, 2002).

Uma das formas de contornar tais problemas é a introdução de novos alimentos que sejam nutricionalmente ricos e apresentem um baixo custo para o consumidor. Ao longo da história, muitos alimentos foram introduzidos em diversas culturas, dando indicativos de sua palatabilidade, suas propriedades nutritivas ou mesmo medicinais. Partindo desse princípio, o resgate e a reintrodução destes alimentos tendem a trazer benefícios tanto no âmbito cultural quanto dietético. As taiobas, declaradas em 1975 como uma cultura órfã pela FAO (Castro, 2006), se inserem neste contexto.

### ***Fatores antinutricionais***

Fatores antinutricionais são aqueles que atuam no sentido de diminuir a eficiência do metabolismo, interferindo com a eficácia de utilização dos nutrientes (Friedman, 1996a; Vasconcelos e Oliveira, 2004).

Algumas proteínas de sementes de plantas, como lectinas, inibidores de enzimas e vicilinas, são bastante estudadas em sementes de leguminosas (feijão, soja e amendoim) e grãos de cereais (trigo, centeio e cevada). Estas proteínas são associadas ao mecanismo de defesa contra microorganismos e herbívoros em plantas (Carlini e Grossi-de-Sá, 2002) e, na dieta humana e animal, são consideradas antinutricionais e/ou tóxicas (Liener, 1994; Friedman, 1996a; Sarwar, 1997; Seena *et al.*, 2005a).

Esses fatores, quando encontrados em sementes de algumas leguminosas e em cereais, podem levar a um decréscimo da digestibilidade da proteína e seu uso como alimento fica restrito. Além disso, pode causar hipertrofia e hiperplasia de órgãos do sistema digestório e inibir o crescimento de animais em condições experimentais (Liener, 1970; Liener, 1994).

Muitos dos fatores antinutricionais são termolábeis e podem ser inativados através de diferentes tratamentos (Friedman, 1996a; Alonso *et al.*, 2001; Vasconcelos e Oliveira, 2004), melhorando a qualidade nutricional das



proteínas vegetais. Os fatores antinutricionais residuais (os não inibidos pelo tratamento térmico) são responsáveis pela baixa qualidade das proteínas mesmo que estas apresentem altos teores de aminoácidos essenciais (Seena *et al.*, 2005b).

### ***Inibidores enzimáticos***

Os inibidores de enzimas são proteínas ou peptídeos capazes de inibir a atividade catalítica de enzimas hidrolíticas, tais como proteases  $\alpha$  – amilases, lipases, glicosidases e fosfatases (Carlini e Grossi-de-Sá, 2002; Nelson e Cox, 2002). Estes inibidores podem interferir no processo de digestão, comprometendo a absorção dos nutrientes ingeridos.

O tratamento térmico é eficaz na inativação de grande parte dos inibidores de enzimáticos (Cruz *et al.*, 2004), mas as condições deste tratamento devem ser criteriosamente observadas (Qin *et al.*, 1998).

### ***Inibidores de proteases***

Muitas famílias de plantas possuem inibidores de proteases distribuídos em diversos órgãos, sendo sua expressão constitutiva (órgãos reprodutivos, órgãos de reserva e tecidos vegetativos) ou induzida (resposta à herbivoria, patógenos, injúria mecânica e estresse abiótico) (Taiz e Zeiger, 2004). A maioria destes inibidores são moléculas pequenas, estáveis, e abundantes. Eles podem atuar como proteínas de reserva, como reguladores de enzimas endógenas, na regulação do processo de morte celular programada (apoptose) e estão diretamente envolvidos nos processos de defesa de plantas contra o ataque de pragas e/ou patógenos (Xavier-Filho, 1993; Valueva *et al.*, 1998; Walker *et al.*, 1997; Solomon *et al.*, 1999; Park *et al.*, 2000).

Quatro classes de inibidores de proteinases foram estabelecidas de acordo com suas atividades específicas: inibidores de proteases serínicas; de proteases cisteínicas; aspárticas e de metalo-proteases. O número de inibidores de proteases de plantas identificados e isolados é grande, sendo os

inibidores de proteases serínicas os que apresentam melhor caracterização (Ryan, 1990). Nos últimos anos muitos inibidores de proteases cisteínicas também foram caracterizados (Bode e Huber, 1992; Oliveira, *et al.*, 2003). Em plantas, os inibidores de proteases são agrupados em famílias, sendo a classe dos inibidores de proteases serínicas composta por sete famílias e as demais compreendem apenas uma família cada (Tabela 1).

Inibidores de tripsina e quimiotripsina são os inibidores de proteases mais encontrados em alimentos de origem vegetal, principalmente em leguminosas (Rackis *et al.* 1986), onde se mostram capazes de inibir diferencialmente algumas enzimas envolvidas na cascata de coagulação ou outras serino-proteinases de importância fisiológica e também atuam provocando uma perda de nutrientes essenciais, ou interferindo em sua utilização e função metabólica (Liener 1994; Silva e Silva 2000).

Quando presentes na dieta de animais, os inibidores de proteases diminuem o consumo de alimento, influenciam na digestão reduzindo a absorção e retenção de nitrogênio no organismo (Liener 1994; Sarwar 1997).

**Tabela 1** – Tipos de inibidores de proteases encontrados em plantas

<b>Classes</b>	<b>Famílias</b>	<b>Referência</b>
Inibidores de proteases aspárticas	Inibidor de protease aspártica	Mares <i>et al.</i> , 1989
Inibidores de proteases cisteínicas	Inibidor de protease cisteínica (fitocistatinas)	Abe e Whitaker, 1988
Inibidores de metalo-proteases	Inibidor de carboxipeptidase A, B.	Keilova e Tomasek, 1977
Inibidores de proteases serínicas	Inibidor de tripsina de soja (Kunitz) Inibidor de Bowman-Birk Inibidor de tripsina de cevada Inibidor de batata I Inibidor de batata II Inibidor de abóbora Inibidor bifuncional de milho/Ragi I-2	Garcia-Olmedo <i>et al.</i> , 1987; Ryan, 1990

### **Inibidores de amilases**

Os inibidores de  $\alpha$ -amilases podem ser divididos em duas classes: protéicos e não-protéicos. Os do tipo não-protéico podem pertencer à diversas classes de compostos orgânicos, tais como ascarboses, isoascarboses, acarviosina-glucose, ácido hibisco e ciclodextrinas. A atividade inibitória desses

compostos deve-se, principalmente, às suas estruturas cíclicas, que se assemelham ao substrato destas enzimas e se ligam não-covalentemente aos sítios de ligação das mesmas (Franco *et al.*, 2002; Svensson *et al.*, 2004).

Os inibidores amilolíticos protéicos podem ser encontrados em microorganismos, plantas e animais (Svensson *et al.*, 2004). Os inibidores oriundos de plantas superiores podem ser agrupados pela similaridade em sua seqüência primária e por sua estrutura terciária em seis superfamílias de inibidores (lectina, knotina, cereal, kunitz, gama-purotionina e taumatina) sendo os mais conhecidos pertencentes à família Poaceae (Franco *et al.*, 2002; Payan, 2004; Svensson *et al.*, 2004). Estas macromoléculas geralmente apresentam massas moleculares que variam de 5-13 kDa para estruturas monoméricas, aproximadamente 26 kDa para estruturas homodiméricas e heterodiméricas e 50 kDa para estruturas tetraméricas. Em geral, diferentes estruturas de inibidores apresentam especificidades diferentes contra enzimas de diversas origens (Franco *et al.*, 2002).

Certos inibidores  $\alpha$ -amilolíticos de origem vegetal apresentam efeitos adversos na nutrição, devido à sua capacidade de inibir enzimas digestivas em seres humanos e animais. Alguns, como é o caso dos inibidores pertencentes à família das CM-proteínas, são associados à alergenicidade uma vez que podem sensibilizar as mucosas e o sistema imune (Shewry, 2003). Outros inibidores são, freqüentemente, propostos como auxiliares nos tratamentos de diabetes e obesidade, como é o caso de inibidores encontrados na família Amaranthaceae (Svensson *et al.*, 2004).

### ***Lectinas ou hemaglutininas***

As lectinas são glicoproteínas amplamente distribuídas na natureza, incluindo vegetais consumidos como parte da dieta humana, e tem a capacidade de se combinar reversível e especificamente com açúcares e glicoconjugados, levando a vários efeitos fisiológicos como a interferência na absorção de nutrientes (Vasconcelos e Oliveira, 2004).

As lectinas de plantas representam um grupo muito heterogêneo. Estas proteínas diferem entre si tanto em relação às propriedades bioquímicas e físico-químicas quanto à sua estrutura molecular, o que está intimamente relacionado com a especificidade por monossacarídeos e a sua atuação biológica (Nelson e Cox, 2002).

Nos alimentos, as lectinas têm sido encontradas principalmente em leguminosas (feijão, soja e amendoim), em grãos de cereais (trigo, centeio e cevada) e em tomate (Moreira *et al.* 1991; Loris *et al.* 1998; Van Damme *et al.* 1998; Loris 2002). A ingestão de lectinas pode acarretar em alterações macroscópicas de vários órgãos importantes e no metabolismo dos animais. A hiperplasia e hipertrofia do intestino é uma das alterações mais significantes da ingestão de certas lectinas (Vasconcelos e Oliveira 2004; Seena *et al.* 2005a).

A larga distribuição das lectinas em plantas sugere alguma importância fisiológica para estas macromoléculas (Liener, 1974; Etzler, 1985). Contudo, as funções fisiológicas das lectinas vegetais ainda não foram completamente elucidadas, embora muitas hipóteses tenham sido sugeridas, como: manutenção e armazenamento, interação planta-microrganismo, defesa contra ataque de insetos e fungos, estimulação mitogênica no processo de germinação, transporte de carboidratos e extensão da parede celular. Adicionalmente, algumas plantas respondem a infecções ou a lesões, produzindo lectinas (Millar *et al.*, 1992).

As lectinas, quando ingeridas com os alimentos, podem reconhecer resíduos de carboidratos presentes nas células intestinais, ligando-se aos mesmos (Vasconcelos *et al.*, 2004). O fato de as lectinas reconhecerem e se ligarem a receptores glicosilados presentes nas células intestinais confere a estas proteínas propriedades que interferem negativamente nos processos de digestão, absorção e utilização de nutrientes, devido à paralisação do transporte desses nutrientes e à absorção de substâncias nocivas. No entanto, o exato mecanismo de ação das lectinas ainda não está claro (Chrispeels e Raikhel, 1991).

A diminuição da absorção de nutrientes, com conseqüente perda de proteínas e outros materiais celulares de origem endógena, leva a uma rápida

perda de peso e inibição do crescimento de animais experimentais. Além dos efeitos degenerativos nas membranas celulares, as lectinas mostraram a capacidade de inibir várias enzimas intestinais (Vasconcelos *et al.*, 2004).

Efeitos deletérios sistêmicos em vários órgãos e tecidos também podem ocorrer a partir da absorção intestinal, por endocitose e posterior exocitose de lectinas, com liberação na circulação sistêmica (Pusztai e Bardocz, 1996; Vasconcelos *et al.* 2004).

Os possíveis efeitos adversos de lectinas em humanos podem ser inferidos somente de experimentos com animais de laboratório. Sob esse aspecto, as alterações observadas no intestino e outros órgãos de camundongos, ratos e porcos demonstraram que as lectinas são capazes de provocar reações específicas importantes sob o aspecto de segurança alimentar (Liener, 1970)

### ***Alergia alimentar***

Segundo Sampson (1999), as primeiras descrições de reações adversas causadas pela alergia em indivíduos que ingeriram ovos e peixes datam do século XVI e XVII, respectivamente. Desde então, a medicina vem se esforçando para aprimorar os métodos usados para o diagnóstico de alergia alimentar. Curiosamente, nas últimas duas ou três décadas, devido ao enorme aumento da sua prevalência, a alergia alimentar (e as doenças alérgicas de modo geral) transformou-se em relevante problema de saúde pública. Hoje em dia estima-se que a prevalência da alergia alimentar seja de até 8% em crianças e de até 2% em adultos (Sampson, 1999). Além disso, nos últimos anos, a resposta alérgica a alimentos tem sido apontada como a principal causa de reações anafiláticas atendidas nos setores de emergência de hospitais dos EUA e do Reino Unido (Sampson, 2000; Wüthrich e Ballmer-Weber, 2001).

Reações alérgicas provocadas por alimentos podem ser responsáveis por uma série de sintomas envolvendo a pele (prurido, eczema), o trato gastrointestinal (diarréia, dor abdominal, náusea) e as vias aéreas (rinite,

coriza) (Crowe e Perdue, 1992; Sampson, 1999). Boa parte dos mecanismos moleculares e celulares envolvidos na sintomatologia que decorre da alergia alimentar é bastante estudada e bem conhecida.

Dentre os elementos já identificados no gênero *Xanthosoma*, ráfides e drusas podem gerar respostas alergênicas em indivíduos suscetíveis (Prychid e Rudall, 1999).

## **EVALUATION OF NUTRITIONAL AND ANTI NUTRITIONAL COMPOUNDS FROM TANIAS (*XANTHOSOMA SCHOTT*) CORMS**

Os resultados gerados por este trabalho foram reunidos em artigo científico escrito em língua inglesa, sendo submetido ao periódico internacional *Journal of Food Composition and Analysis*.

No texto é apresentado breve histórico acerca do gênero *Xanthosoma*, bem como sua importância para a alimentação humana e as regiões onde ocorre maior consumo; a metodologia utilizada para a execução dos experimentos é exposta em detalhes.

Dentre os resultados apresentados, encontram-se as concentrações de compostos nitrogenados (Anexo 1), carboidratos não amiláceos (Anexo 2) e atividade de inibição de enzimas proteolíticas (Anexo 3) e amilolíticas (Anexo 4). Nenhum inibidor enzimático foi detectado através das metodologias adotadas; as espécies *X. atrovirens*, *X. brasiliense* e *X. mafaffa* apresentaram atividade aglutinante contra sangue de tipo B, reação essa que ocorre possivelmente devido à presença de lectinas.

Os dados obtidos foram comparados aos disponíveis na literatura, revelando que, embora algumas espécies de taioba possuam concentrações protéicas recomendáveis, os teores de carboidratos são inferiores aos de culturas típicas como mandioca, batata, batata doce, cará e inhame. São discutidos, ainda, tópicos relativos à plasticidade fenotípica e pressão ecológica sobre as espécies estudadas.

## **Evaluation of nutritional and anti nutritional compounds from tancias (*Xanthosoma* Schott) corms**

Thaina de Almeida Lima<sup>a,b</sup>, Octávio Luiz Franco<sup>b</sup>, Eduardo Gomes Gonçalves<sup>c</sup>,  
Maurício Pereira de Sales<sup>d</sup> and Fabian Borghetti<sup>a</sup>

a. Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade de Brasília. Brasília – DF, Brazil.

b. Centro de Análises Proteômicas e Bioquímicas, Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF, Brazil.

c. Horto Botânico, Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF, Brazil.

d. Laboratório de Química e Função e Proteínas-Proteínas Bioativas – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – RN – Brazil.

### **ABSTRACT**

Tuber crops are extremely important for humanity, being extensively used in many cultures and mainly in poor and developing countries. Tancias (*Xanthosoma* Schott) belong to Aracea family and have been commonly used as staple food since pre-Columbian times. Nowadays, tancias are integrated in staple diet of several countries in Americas, West Africa, Asia and Pacific. In order to shed some light over their potential and possible risks for human nutrition, a deeply evaluation of nutritional and anti nutritional components synthesized by tania corms were carried out by using seven different tropical species. Classical analyses for non structural carbohydrates and nitrogenated compounds as well inhibitory assays towards  $\alpha$ -amylases and proteases were here employed. Tests for quantitation of reducing sugars (3.9-9.9 mg/100 g), soluble polysaccharides (13.9-45.9 mg/100 g), free amino acids content (111.5-221.3 mg/ 100g) and total protein amounts (40-144 mg/100 g) presented variable scores among studied species, but all amounts of non starchy polysaccharides and sugars were minor than those seen in other tuber crops as potato, cassava, sweet potato and yam. No enzyme inhibitory activity was detected in performed assays. However, *X. atrovirens*, *X. brasiliense* and *X.*



*mafaffa* have agglutination activity towards blood type B, probably due to the presence of lectins.

*Keywords:* tania, edible aroids, corms, nutritionals, enzyme inhibitors, blood agglutination, *Xanthosoma*.

## INTRODUCTION

American native Araceae, *Xanthosoma* spp., also collectively known as tania or “new” cocoyam, consists in a genus widely used in sustenance being cultivated since pre-Columbian times (Wilson, 1984; Hather and Hammond, 1994; Montaldo, 1991; Bown, 2000). Bronson (1966) suggests that Maya region was domestication and diversification centre of this ancient crop, being widespread to other people during colonial period, reaching to West Africa between 16<sup>th</sup> and 17<sup>th</sup> centuries, when they quickly had become popular among farmers. Finally, in 19<sup>th</sup> century, the genus was introduced in Asia, Pacific and North America (Bown, 2000). Nowadays, tania is one of six world’s most important tuber crops (Jennings, 1987; Onwueme and Charles, 1994). Corms, cormels and leaves obtained from these plants are not only a consistent source of carbohydrates for human nutrition, showing an economical and social income to poor farmers (Jennings, 1987; Onwueme & Charles, 1994; Tambong, 1997). In spite of all parts of plants could be consumed, the consumption of leafy parts in Latin America is more appreciated.

Otherwise, tubers are also an important nutritional throughout the world, especially in hot and humid regions (Hoover, 2001). Plants yielding starchy subterranean organs, such as tania corms, could contain 70-80% water, a high starch concentration that ranges between 22 and 40% (Agbor-Egbe & Rickar, 1990; Montaldo, 1991) and variable concentrations of nutrients (Hoover, 2001). In the other hand, some anti nutritional compounds as enzyme inhibitors and lectins can be found in these storage organs, leading to a decreasing of nutrient assimilation or toxicities (Liener 1994; Shewry, 2003; Seena *et al.*, 2005).

In several aspects, agronomic and phenotype properties of tropical crops are well documented (FAO, 1990). However, structural and chemical properties of different species have not been studied extensively. Thus, intensive research

is needed to exploit these crops. The purpose of this study was to conduct a systematic investigation of nutritional quality and toxic factors in seven species of tania in order to ascertain their suitability for use in human diet.

## **MATERIAL AND METHODS**

### *Plant material*

Corms from *Xanthosoma appediculatum* (Schott), *X. atrovirens* (K. Koch & C.D. Bouché), *X. brasiliense* [(Desf.) Engl.], *X. dealbatum* (Grayum), *X. mafaffa* (Schott), *X. sagittifolium* [(L.) Schott] and *X. violaceum* (Schott).were obtained from a greenhouse collection maintained by Universidade Católica de Brasília (DF, Brazil). All species were grown and kept at room temperature, 70% shade by filtering natural light, room humidity. Plants were watered twice a day and grown in same substrate, minimizing environmental influence over experiments. Three corms of same age, each one picked from a different plant, were randomly selected. Harvesting was made in September, 2008. After that, corms were washed in distilled water and submitted to sample preparation.

### *Sample preparation*

Intracellular contents of 45 g whole fresh corms were extracted by blending in 135 mL of HCl 1% - NaCl 0.6 M solution. After overnight resting at 4°C, samples were centrifuged at 6000xg for 30 minutes at 4°C. Pellet was discarded. Supernatant was stocked up at -20°C.

### *Reducing sugars quantitation*

Aliquots of 1 mL dinitro salicylic acid (DNS) were added to testing tubes containing 200 µL of each sample. Tubes were incubated in boiling water for five minutes and further diluted with 5 mL distilled water after cooling. Absorbance was monitored in spectrophotometer (BioRad) at 550 nm according to Bernfeld (1955). Controls were made with distilled water and data was compared to a standard curve previously made with known glucose concentrations.

### *Non starch polysaccharides quantitation*

Lugol was used to this purpose, adapted from Figueira (2003). Assays were carried out in micro plates, where 140  $\mu\text{L}$  of iodine solution (7 parts lugol, 1 parts HCl 5 M and 20 parts of distilled water) were added to 30  $\mu\text{L}$  of each sample. Results were immediately monitored in ELISA equipment (BioRad) at 655 nm. Controls were made with distilled water and results compared to a standard curve made previously with known concentrations of starch, following same protocol. All reactions were made at room temperature.

### *Free amino acids quantitation*

Quantitation of amino acids was made according to Yemm & Cock's ninhidrin method (1955) with minor modifications. Aliquots of each sample (500  $\mu\text{L}$ ) were added to 1.5 mL of ninhidrin solution (400 mg  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dissolved in 250 mL 0.2 M pH 5.0 citrate buffer + 10 g ninhidrin). Reactions were kept warm in boiling water during 20 min and further monitored at OD of 570 nm. Controls were made using distilled water and the obtained information was compared to predetermined standards made with known concentrations of isoleucine.

### *Total protein quantitation*

Total protein was detected and quantified by using Quant-it Protein kit. Assays were carried out according to protocol provided by manufacturer. Reactions were made with 3  $\mu\text{L}$  of samples followed by 20 minutes resting and mixing before analysis. Measurements were carried out in Qubit (Invitrogen) equipment, using relative fluorescence.

### *$\alpha$ -Amylases inhibitory activity*

In order to evaluate the presence of  $\alpha$ -amylase inhibitors, the method described by Wilson & Ingledew (1982) with minor modifications made by Figueira (2003) was conducted. Two different  $\alpha$ -amylases, human salivary amylase (HSA) and porcine pancreatic amylase (PPA), were bought from Sigma. Assays were performed in micro plates with 96 wells each, following 4

different treatments containing reaction buffer (50 mM pH 5.0 sodium acetate buffer with 20 mM NaCl and 1 mM CaCl<sub>2</sub>), α-amylase (10 mg/mL), and 100 µg freeze-dried samples in 10 µL sodium acetate buffer, in 70 µL final volume. Two blanks were utilised: substitution of α-amylase per buffer in sample blanks and substitution of samples per buffer in enzyme blanks.

Reactions were incubated for 30 min at 25°C. After incubation time, 30 µL of starch (1%) were added to each wheel, following second incubation of 1 hour at same temperature. After that, 140 µL of iodine solution (previously described in non starch sugars quantitation) were added to 30 µL of each sample. Results were monitored in ELISA equipment (BioRad) at 655 nm. Results were converted into starch unities (SU), where each unity corresponded to 0.1 of absorbance, in order to monitor enzyme activity.

#### *Serine protease inhibitory activity*

Bovine trypsin was employed to determine inhibitory activity according Kunitz (1947). At first, 30 µL trypsin (0.3 mg/ mL in Tris – HCl 2.5 mM buffer), 100 µL of corm extracts (1 µg/µL) and 240 µL 50 mM pH 7.5 Tris – HCl buffer were pre-incubated during 15 min at 37°C. After that, 200 µL azocasein (1% diluted in same previous Tris – HCl buffer). Reactions went along for 30 minutes in same incubation conditions, being stopped by addition of 300 µL 20% trichloroacetic acid (TCA). This step was followed by 10 minutes of rest and 15 minutes centrifugation at 12000xg, room temperature. Supernatants were neutralized with NaOH 2 M (1:1 v/v) and monitored at 540 nm. Pre-neutralized reactions were used as control. Results were converted into azocasein unities (AU), where which unity corresponded to 0.1 of absorbance, in order to monitor enzyme activity.

#### *Cysteine protease inhibitory activity*

In order to detect inhibitory activity of samples, 20 µL papain (0.2 mg/mL in 25 mM pH 6.0 monobasic sodium phosphate buffer) were pre-incubated for 10 minutes with 100 µL of sample (1 µg/µL in same previous buffer) and 25 mM pH 6.0 monobasic sodium phosphate buffer with 3 mM dithiothreitol (DTT) and

2 mM ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA). Final volume was adjusted to 500  $\mu$ L with same buffer used to dilute samples. Reactions were started by adding 200  $\mu$ L azocasein (1%, diluted in same enzyme buffer) followed by 20 minutes incubation. Reactions were stopped by adding 500  $\mu$ L HCl (2%, in ethanol) to each tube and 40 minutes resting. Results were monitored at OD 540 nm according to Barrett and Dingle (1972). Pre-neutralized reactions were used as control. Results were converted into azocasein unities (AU), where which unity corresponded to 0.1 of absorbance, in order to monitor enzyme activity.

#### *Erythrocytes preparation*

Firstly, aliquots of 2 mL blood types A, B and O were washed in 8 mL saline solution and centrifuged at 1650 g until an erythrocytes mass free from plasma and haemolysed material was obtained. Each blood type was obtained from five different individuals. Papain 1% stock solution in saline solution was prepared and kept at 4°C during 24 h under occasional mixing. This solution was stored at -20°C in 3 mL aliquots. Papain solution was added to previously washed blood (1:1 v/v). This mix was incubated during 30 min at 37°C and occasional homogenization. This step was followed by centrifugation at 924g for five min and a 6 times washing of pellet with cold saline solution. Hematocrit was done and erythrocytes paste was diluted to 4% in saline solution.

Moreover, erythrocytes were also prepared with trypsin as described by Benevides *et al.* (1998). Trypsin (25 mg) was dissolved in 24 mL saline solution and added to 1 mL of blood, previously washed. This mix rested by 1 hour at room temperature and occasional homogenization. This step was followed by centrifugation at 924 g by 5 minutes and six times washing of pellet with cold saline solution. Hematocrit was done and erythrocytes paste was diluted to 4% in saline solution.

#### *Blood agglutination assay*

Agglutination assays were made in “V” bottom microplates by serial dilution. 25  $\mu$ L of saline solution, 25  $\mu$ L of sample and 25 $\mu$ L of 4% erythrocyte

solution were added to each wheel. Reactions were incubated by one hour at 37°C (Debray *et al.*, 1981). Agglutinating was observed and titre was expressed in agglutinating unities (AU), which represents the inverse of the highest dilution of sample to present evident agglutination.

#### *Experimental design and statistical analysis*

All assays were repeated three times, with three replicates each one. Measurements of replicate samples were averaged to obtain a single datum point. Differences in averages were analyzed for statistical significance using one critter ANOVA and Tukey Test (5%). Statistical analyses were conducted using the BioEstat software program (Ayres *et al.*, 2005).

## **RESULTS AND DISCUSSION**

#### *Nutritional analysis*

Tuber and root crops are extremely important for developing countries, especially in remote areas, often marginalized, with particularly low cash income (Scott *et al.*, 2000a). Taking into account traditional farming, tuber and root crops include some advantages over other carbohydrates sources, since fields are stable under stress conditions that could affect other crops and the costs of production are relatively low (Jennings, 1987; Scott 2000b). Furthermore, these crops are not only a carbohydrate source but also contain proteins and vitamins, becoming a security crop supplying low food periods caused by natural conditions (Scott *et al.*, 2000a).

Reducing sugars levels observed (Table 1) varied among 3.9 and 9.9 mg/100 g, while non starch polysaccharide concentrations (Table 1) varied from 13.9 to 44.8 mg/100 g. The species *X. brasiliense* showed higher sugar concentration, despite of this value is still below values of more traditional crops as potato (0.6 g/100 g edible portion), cassava (1.5 g/100 g edible portion), sweet potato (5.7 g/100 g edible portion) and yam (0.7 g/100 g edible portion) (FAO, 1990). The results show that although all species have good amounts of non starch polysaccharides, even the richest (*X. brasiliense* and *X. sagittifolium*)

presents low values when compared to the previously cited crops (1.3, 1.7, 2.4, and 1.3 g/100 g edible portion, respectively) (FAO, 1990).

**Table 1**

Nutrient composition of *Xanthosoma* spp. corms, mean (standard deviation). Letters represent ranks obtained after ANOVA analysis. Means were obtained from 3 experiments with 3 repetitions each.

	<i>X. appediculatum</i>	<i>X. atrovirens</i>	<i>X. brasiliense</i>	<i>X. de albatum</i>	<i>X. mafaffa</i>	<i>X. sagittifolium</i>	<i>X. violaceum</i>
Nutritionals (mg/100 g)							
Reducing sugars	3.9 (0.005) <sup>c</sup>	6.0 (0.002) <sup>b</sup>	9.9 (0.003) <sup>a</sup>	9.8 (0.009) <sup>a</sup>	8.0 (0.008) <sup>ab</sup>	6.9 (0.006) <sup>b</sup>	7.0 (0.001) <sup>b</sup>
Soluble polysaccharides	33.7 (0.133) <sup>b</sup>	13.9 (0.059) <sup>c</sup>	44.8 (0.135) <sup>a</sup>	31.6 (0.111) <sup>b</sup>	33.0 (0.068) <sup>b</sup>	41.5 (0.091) <sup>a</sup>	38.3 (0.13) <sup>b</sup>
Free amino acids	133.7 (0.01) <sup>b</sup>	111.5 (0.05) <sup>c</sup>	116.8 (0.011) <sup>c</sup>	117.2 (0.007) <sup>c</sup>	118.2 (0.04) <sup>c</sup>	124.3 (0.04) <sup>bc</sup>	221.3 (0.07) <sup>a</sup>
Protein	84.3 (0.029) <sup>c</sup>	40 (0.058) <sup>d</sup>	96.2 (0.082) <sup>b</sup>	106.3 (0.085) <sup>b</sup>	105.7 (0.04) <sup>b</sup>	144 (0.074) <sup>a</sup>	120 (0.104) <sup>a</sup>

Graziano (1992) concluded that starch levels in *X. sagittifolium* can reach up to 60% of dry weight of corms. The high starch and reducing sugars levels are very important, since carbohydrates are the human main source of energy. According to FAO (1998), an ideal meal must offer 45% to 65% of carbohydrates. Generally root crops contain 20-40% carbohydrate, 1-2% protein and less than 0.5% fat (FAO, 1998). Like cereals, the majority of carbohydrate in root crops is starch (70-75% dry weight), but they are also excellent sources of non-starch polysaccharide and contain simple sugars (1-3% dry weight) (Woolfe, 1987; Palagopalan *et al.*, 1988).

Protein values (Table 1) obtained varied from 40 to 144 mg, and free amino acid contents (Table 1) fluctuated among 111.5 and 221.3 mg for each 100 g of corms. Roots and tubers crops are recognized as being high-calorie and low protein food (Splittstoester *et al.*, 1973; Graziano, 1992). These crops are usually consumed in large quantities in poor regions, where one of the biggest problems is lower nutrition, specially regarding to protein - calorie balance (Graziano, 1992; WHO, 2008). Protein amounts of some species (mostly *X. sagittifolium* and *X. violaceum*,) are high, but still inferior to crops which have already passed by selection and genetic improvement process as cassava (0.6 g/100 g edible portion), sweet potato (1.2 g/100 g edible portion),

yam (3 g/100 g edible portion) and potato (2.1 g/100 g edible portion) (FAO, 1998; Shewry, 2003).

Protein utilization and deposition are energy-dependent at all stages of amino acid transport and interconversion, protein synthesis and proteolysis. In addition, amino acids are a potential cellular fuel, especially for hepatic and renal metabolism, but also within skeletal muscle. Thus adequate non-protein energy from carbohydrate or fat is indispensable to ensure that sufficient dietary amino acids remain available as substrates to satisfy the amino acid demand and to fuel associated energy demands (WHO/FAO/UNU, 2007). In this perspective, even non proteinaceous amino acids found in plant foods are quite suitable. Corms of studied species showed high levels of free amino acids, from which *X. violaceum* presented the highest scores (221.3 mg/100 g). Preliminary studies made by Splittstoesser & Rhodes (1973) showed that some *X. sagittifolium* amino acids levels (lysine, methionine, isoleucine and tryptophan) were lower than those recommended by FAO. As techniques employed to identification and quantitation of amino acids have improved and became more accurate since then, new studies are desirable to confirm those results.

#### *Anti nutritional analysis*

Among all seven species evaluated, none inhibitory activity towards tested enzymes was detected (Table 2). Serine proteinases as well as  $\alpha$ -amylases preserved their hydrolytic activities in presence of corm extracts, showing linearity of substrate hydrolysis. Despite of no inhibitory activities was detected, other storage organs as potato (Heibges *et al.*, 2003), sweet potato (Hou & Lin, 1998) and winged bean (Kortt & Caldwell, 1984) present enzyme inhibitors.

Sources of plant proteins may differ from those of animal origin in terms of presence of anti nutritional factors affecting digestive process. They also differ in amino acid composition, or even in presence or absence of phytoprotectors that can be beneficial in healing processes (Millward, 1999). Presence of amylase inhibitors can lead to a decrease in absorption of proteins and lipids (Pusztai *et al.*, 1995) and protease inhibitors can alter pancreatic



function, leading to a hypertrophy of this organ (Silva & Silva, 2000). The absence of enzymatic inhibitors is therefore favourable to use of corms of *Xanthosoma* spp. as food, since they do not show any decreasing activity towards digestive enzymes.

**Table 2**

Anti nutritional activity of *Xanthosoma* spp. corms. Presence (+) or absence (-) of observed activity is indicated. Letters represent ranks obtained after ANOVA analysis. Means were obtained from 3 experiments with 3 repetitions each.

	<i>X. appediculatum</i>	<i>X. atrovirens</i>	<i>X. brasiliense</i>	<i>X. dealbatum</i>	<i>X. mafaffa</i>	<i>X. sagittifolium</i>	<i>X. violaceum</i>
Enzyme inhibition							
<i>Enzyme</i>							
HSA	-	-	-	-	-	-	-
PPA	-	-	-	-	-	-	-
Cysteine protease	-	-	-	-	-	-	-
Serine protease	-	-	-	-	-	-	-
Agglutinating activity							
<i>Blood Type</i>							
A	-	-	-	-	-	-	-
B	-	+(2046) <sup>a,1</sup>	+(2046) <sup>a,1</sup>	-	+(2046) <sup>a,1</sup>	-	-
O	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Number in parenthesis indicates the inverse of minimum dilution to present clear agglutination reaction.

Starch rich organs usually do present hydrolytic inhibitors because of their vulnerability to predation. Lacking of predation and inhibitors could be related to the presence of raphid crystals, because barbed and grooved raphides of genus *Xanthosoma* are particularly irritating to mouth and throat tissues when eaten, allowing the entrance of chemical irritants (Prychid & Rudall, 1999). On the other hand, three species (*X. atrovirens*, *X. brasiliense* and *X. mafaffa*) presented agglutinating activity towards blood type B even after 2046 dilutions (Table 2). Similar activity can be found in potato tubers as well (Millar, 1992). This property is usually conferred by lectins which have been previously described to occur in Araceae family (Van Damme *et al.*, 1995). Lectins are molecules that non covalently interacts to carbohydrates leading to (Van Damme *et al.*, 1995) agglutinating activity, which occurs by binding to

sugar groups present in ABO receptors in cellular membranes. Goldstein *et al* (1977) reported plant lectins with different blood affinities and that ones whose agglutinating activity was directed towards blood type B were conferred by D-galactose binding lectins.

This type of toxicity can be very harmful, leading to death. As plant parts are often boiled before consumed, agglutinating factors probably are denatured and become not harmful. In some cases, lectins move intact in digestive system, but it is known that human serum contains natural antibodies to dietary and non-dietary lectins (Tchernychev & Wilchek, 1996) Once this crop is used since pre-Columbian times and is present in dietary history of many Latin countries, it is possible to assume that there is no risk at all in consuming these species, since they are previously prepared in adequate manner.

## CONCLUSIONS

Comparing all species, it is possible to note that *X atrovirens* showed lower nutritious compounds. *Xanthosoma violaceum* and *X. sagittifolium* can be highlighted for their elevated concentrations of proteins and amino acids, but *X. brasiliense* (followed by *X. maffafa* and *X. dealbatum*) offers both carbohydrates and nitrogenous compounds in satisfactory quantities.

Choosing one single species among all tested is a very difficult or even impossible task. The main reason for this complexity is the purpose of inserting tania in diet. Some of them provide rapid energy and nitrogenous compounds of rapid assimilation, while others present great amounts of slow-moving nutrients. However, selection of new foods is strongly influenced by local demands, which turns this variability into a good character for being exploited.

Corms of tania provide evidence of being a very good nutritious source, with good balance of carbohydrates and nitrogen compounds. More tests to determine concentrations of other macro and micro nutrients, as well as tests of palatability and acceptance of corms by population would be very convenient for increasing available information about this ancient crop. Rising of available data is very important to stimulate consume and encourage genetic improvement programs, benefiting both farmers and consumers.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Authors thank to Dr. Francisco Aragão and Dr. Lúcio Figueiredo for critical review of manuscript. Financial support provided by CNPq, Universidade de Brasília and Universidade Católica de Brasília.

## REFERENCES

- Abe, M.; Abe, K.; Kuroda, M., Arai, S. (1992). Corn kernel cysteine proteinase inhibitor as a novel cystatin superfamily member of plant origin. Molecular cloning and expression studies. *European Journal of Biochemistry*, 209, 933-937.
- Abramo, M. (1990). Taiobas, carás e inhames. São Paulo: Ícone.
- Agbor-Egbe, T. & Rickard, J. E. (1990). Evaluation of the chemical composition of fresh and stored edible aroids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 53, 487-495.
- Ayres, M, Ayres, M. Jr., Ayres, D. L., Santos, A. A. S. (2005). *BioEstat aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas, Versão 5.0*. Belém, Pará, Brasil.
- Barrett, A.J., Dingle, J.T. (1972). The inhibition of tissue acid proteinases by pepstatin. *Journal of Biological Chemistry*, 127,: 439-441.
- Benevides, N.M., Holanda, M.L., Melo, F.R., Pereira, M.G., Monteiro, A.C., Freitas, A.L. (2001). Purification and partial characterisation of the lectin from the marine red alga *Enantiocladia duperreyi* (C. Agardh) Falkenberg. *Botanica Marina*, 44:, 17-22.
- Bernfeld, P. (1955). Amylase alpha and beta. In Colowick, S. P. & Kaplan, N. O. (Eds.) *Methods in Enzymology* , vol 1 (149-158). New York: Academic Press Inc.
- Bown, D., 2000. *Aroids: plants of the arum family*. 2<sup>nd</sup> edition. Portland, Oregon, USA: Timber Press.
- Bradbury, J.H., & Nixon, R.W. 1998. The Acridity of raphides from the edible aroids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 608, 608-616.

- Bronson, B. (1966). Roots and the subsistence of the ancient Maya. *Southwestern Journal of Anthropology*, 22, 251-279.
- Carvalho, E. F.; Cordeiro, J. A. D. (1990). Um método alternativo e eficiente de propagação vegetativa de inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) e de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). *Acta Amazononica*, 20, 11-18.
- Castro, G.R., 2006. *Studies on cocoyam (Xanthosoma spp.) in Nicaragua, with emphasis on Dasheen mosaic virus*. PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Coffin R. H., Yadda R. Y., Parkin K. L., Grodzinski B., Stanley D. W. (1987). Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. *Journal of Food Science*, 52, 639–645.
- Debray, H., Decout, D., Strecker, G., Spik, G., Montreuil, J. (1981). Specificity of twelve lectins towards oligosaccharides and glycopeptides related to n-glycosylproteins. *European Journal of Biochemistry*, 117,: 41-51.
- FAO/WHO/UNU (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation*. Geneva, Switzerland: FAO/WHO/UNU.
- Figueira, E. L. Z., Blanco-Labra, A., Gerage, A. N. C., Ono, E. Y. S., Mendiola-Olaya, E., Ueno, Y., Hirooka E. Y. (2003). New amylase inhibitor present in corn seeds active *in vitro* against amylase from *Fusarium verticillioides*. *Plant Disease*, 87, 233-240.
- Food and Agriculture Organisation (FAO). (1990). *Roots, tubers, plantains and bananas in human nutrition*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Food and Agriculture Organisation (FAO). (1998). *Carbohydrates in human nutrition*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Franceschi, V.R., & Nakata, P.A. 2005. Calcium Oxalate In Plants: Formation and Function. *Annual Review of Plant Biology* 56: 41-71.
- Goldstein, I.J., Murphy, L.A., Ebisu, S. 1977. Lectins as Carbohydrate-Binding Proteins. *Pure and Applied Chemistry* 49: 1095-1103.

- Graziano, T. T., Machado, S., Dietrich, D. E. (1992). Characterization of starch of the underground system of *Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott (Araceae) during plant development. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 4: 7-10.
- Hather, J. G. & Hammond, N. (1994). Ancient maya subsistence diversity: root and tuber remains from Cuello, Belize. *Latin American Antiquity*, 68, 330-35
- Heibges, A., Glaczinski, H., Ballvora, A., Salamini, F., Gebhardt, C. (2003). Structural diversity and organization of three gene families for Kunitz-type enzyme inhibitors from potato tubers ( *Solanum tuberosum* L.). *Molecular Genetics and Genomics* 269,: 526-534.
- Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, 45, 253-267.
- Hou, W.-C., Lin, Y.-H. (1997). Dehydroascorbate reductase and monodehydroascorbate reductase activities of trypsin inhibitors, the major sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) root storage protein. *Plant science*, 128,: 151-158.
- Jennings, D. L. (1987). Starch crops. In Christie, B. R. *handbook of plant science in agriculture*. Vol 2 (pp. 137). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, Inc.
- Johnson, S. L., Mcphee, L.; Birch, L. L. (1991). Conditioned preferences: young children prefer flavors associated with high dietary fat. *Physiology & Behavior*, 50, 1245-1251.
- Kilpatrick, D. C. & Green, C. (1992) Lectins as blood typing reagents. In: H. Franz, Editor, *Advances in Lectin Research* vol. 5 (pp 51-94). Ullstein Mosby, Berlin.
- Kortt, A.A., Caldwell, J.B. (1984). Characteristics of the proteins of the tubers of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35,: 304-313.
- Kunitz, M. (1947). Crystalline soybean trypsin inhibitor II. General properties. *The Journal of General Physiology*, 30:., 291-310.
- Mangan, F. X., Mendonça, R. U., Moreira, M., Nunes, S. D., Finger, F. L., Barros, Z. D., Galvão, H., Almeida, G. C., Silva, R. A., Anderson, M. D.

- (2008). Production and marketing of vegetables for the ethnic markets in the United States. *Horticultura Brasileira*, 26, 6-14.
- Millar, D.J., Allen, A.K., Smith, C.G., Sidebottom, C., Slabas, A.R., Bolwell, G.P. (1992). Chitin-binding proteins in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. characterization, immunolocalization and effects of wounding. *The Biochemical journal*, 283,: 813-21.
- Millward, D. J. (1999). The nutritional value of plant-based diets in relation to human amino acid and protein requirements. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 249-60.
- Montaldo, A. (1991). Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. 2<sup>nd</sup> Ed. San José, Costa Rica: IICA.
- Omokolo, N. D., Boudjeko, T., Takadong, J. J. (2003). In vitro tuberization of *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott: effects of phytohormones, sucrose, nitrogen and photoperiod. *Scientia Horticulturae*, 98, 337-345.
- Onwueme, I. C. & Charles, W. B. (1994). Tropical root and tuber crops: cultivation of cocoyam. *Production, perspectives and future prospects Plant Production and Protection Paper (FAO)*, 126, 139-161.
- Palagopalan, C., Padmaja, G., Nanda, S. K., Moorthy, S. N. (1988) *Cassava in food, feed and industry*. Boca Raton, F.L: CRC Press, Inc.
- Pinto, S. I., Boas, G. M., Carvalho, D. E. (1999). Caracterização mineral das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). *Ciência e Agrotecnia*, 23, 57-61.
- Prychid, C. J., & Rudall, P. J. (1999). Calcium oxalate crystals in monocotyledons: a review of their structure and systematics. *Annals of Botany*, 84, 725-739.
- Pusztai, A., Grant, G., Duguid, T., Brown, D. S., Peumans, W. J., van Damme, E. J. M., Bardocz, S. (1995). inhibition of starch digestion by  $\alpha$ -amylase inhibitor reduces the efficiency of utilization of dietary proteins and lipids and retards the growth of rats. *The Journal of Nutrition*, 125, 1554-1562.
- Scott, G. J., Resegrant, M. W. Ringler, C. (2000). Roots and Tubers for the 21<sup>st</sup> Century: Trends, Projections and Policy Options, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.

- Scott, G. T., Rosengrant, M. W., Ringler, C. (2000b). Global projections for root and tuber crops to the year 2020. *Food Policy*, 25, 561-597.
- Sharon, N., & Lis, H. (1972). Lectins: cell-agglutinating and sugar-specific proteins. *Science* 177, 949-959.
- Shewry, P. R. (2003). Tuber storage proteins. *Annals of Botany*, 91, 755-769.
- Silva, M. R., Silva, M. A. A. P. D. (2000). Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. *Revista de Nutrição*, 13, 3-9.
- Splittstoesser, W. E., Martin, F. W., Rhodes, A. M. (1973). The nutritional value of some tropical root crops. *Proceedings of the Tropical Region Agriculture Society for Horticultural Science*, 17, 290-294.
- Swinkels, J. J. (1985). Composition and Properties of Commercial Native Starches. *Starch – Stärke*, 37: 1-5.
- Tambong, J.T, Ndzana, X., Wutoh, J. G., Dadson, R. (1997). Variability and germplasm loss in the Cameroon national collection of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* Schott (L.)). *Plant Genetic Resources Newletters*, 112, 49-54.
- Tchernychev, B., & Wilchek, M. (1996). Natural human antibodies to dietary lectins. *Breast*, 397, 139-142.
- Van Damme, E. J. M., Goossens, K., Smeets, K., Van Leuven, F., Verhaert, P. Peumans, W. J. (1995). The major tuber storage protein of Araceae species is a lectin: characterization and molecular cloning of the lectin from *Arum maculatum* L. *Plant Physiology*, 107, 1147-1158.
- Wallace, P. A., Marfo, E. K., Plahar, W. A. (1998). Nutritional quality and antinutritional composition of four non-conventional leafy vegetables. *Food Chemistry*, 61, 287-291.
- Wilson, J. E. (1984). Cocoyam. In Goldsworthy, P.R. & Fisher, N. M. (Eds.) *The Physiology of Tropical Field Crop* (pp 589). New York: John Wiley and Sons Ltd.
- Wilson, J; Ingledew, W. M. (1982). Isolation and characterization of *Schwanniomyces alluvius* amyolytic enzymes. *Applied and Environmental Microbiology*, 44, 301-307.

Woolfe, J. (1987) *The potato in the human diet*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.: International Potato Center.

World Health Organization (WHO). (2008). Severe Malnutrition. Retrieved December 20, 2008 from:

<http://www.who.int/nutrition/topics/malnutrition/en/>

Yemm, E. W.; Cocking, E. C. (1955). The determination of amino acid with ninhydrin. *The Analyst*, 80, 209-213.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de necessidades de proteínas e aminoácidos tem sido objeto de muito debate, e vem sofrendo modificações ao longo do tempo. De acordo com Angelis (1999), a necessidade protéica é a quantidade que deve ser ingerida em um determinado período de tempo para contrabalancear os gastos orgânicos neste período. Neste contexto, Lajolo e Tirapegui (1998), assinalam que, de um modo geral, as necessidades protéicas representam uma quantidade específica para a manutenção da saúde em indivíduos normais. Para se garantir essa necessidade, é fundamental que estejam satisfeitas também as necessidades energéticas do organismo.

Viacava *et al.* (1983), conciliam suas opiniões com os autores citados anteriormente, ao mencionar que o déficit calórico e protéico é a expressão da insuficiência na quantidade de alimentos e não uma escolha inadequada da cesta alimentar e que, de certa forma, estão associados à renda familiar. Contudo, a conclusão desta afirmação decorre de duas tendências observadas, sendo uma maior participação relativa dos gastos com alimentação no orçamento das famílias de baixa renda e a estreita semelhança entre os alimentos considerados como principais fontes calóricas e protéicas para todas as famílias, independentemente do nível de renda.

De acordo com Oliveira (1998), a desnutrição energético-protéica pode ser encontrada em todas as partes do mundo e em todas as idades, ocorrendo principalmente em crianças pobres dos países em desenvolvimento. Nóbrega (1998) e Oliveira (1998) mencionam uma pesquisa realizada no Brasil em 1989, pelo INAN (Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição); o estudo demonstra que crianças com desnutrição crônica se encontram em famílias com renda abaixo de dois salários mínimos. Para mudar esta situação, ainda freqüente em diversas comunidades menos favorecidas, a ingestão de boas quantidades de proteínas de qualidade e de alimentos que forneçam energia se faz necessária. De uma maneira geral, se os indivíduos comem alimentos em

quantidade suficiente para cobrir as necessidades calóricas, dificilmente poderá haver limitação de proteínas (Angelis, 1999).

Embora seja freqüentemente salientado que os vegetais podem suprir todas as necessidades humanas, persiste um pensamento errôneo de que eles sejam nutricionalmente inferiores em termos de quantidade e qualidade protéica, comparados aos alimentos de origem animal. A problemática, no entanto, não consiste na questão de as proteínas de origem vegetal serem ou não capazes de prover todos os aminoácidos necessários, mas sim se existe de fato a possibilidade de implementação de dietas de base vegetal nutricionalmente ricas e de baixo custo para comunidades menos favorecidas. Além de proporcionar um custo mais baixo para o consumidor, a utilização de fontes de proteína vegetal é também menos dispendiosa para os produtores agrícolas, pois dispensa gastos menores com infra-estrutura e manutenção (nutrição, energia elétrica, entre outros), quando comparadas às fontes de proteína animal.

Entre as espécies estudadas no presente trabalho, encontram-se *X. sagittifolium*, a taioba comum, e *X. violaceum*, a taioba roxa; ambas já são cultivadas no país para o consumo de suas folhas. Visto que as espécies já se encontram naturalmente no campo, tornando possível o resgate e a reintrodução dos cormos como uma alternativa às demais culturas tuberosas já encontradas no mercado. Os valores protéicos encontrados em ambas são satisfatórios (144 mg/100 g para *X. sagittifolium* e 120 mg/ 100 g para *X. violaceum*), e a ausência de inibidores enzimáticos e hematoaglutinantes contribuem para a sua utilização. Por apresentarem quantidades de carboidratos solúveis relativamente menores que os de outras culturas tuberosas, podem ser ingeridos em porções mais generosas, o que implica numa ingestão maior de suas proteínas. O aumento do consumo das taiobas pode representar não apenas uma melhora na qualidade da dieta de comunidades menos favorecidas, mas também um incentivo aos programas de melhoramento genético, visando à obtenção de cultivares mais ricos em nutrientes.

## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho não se esgota, mas sim procura responder algumas questões básicas acerca do tema proposto. Sugere-se que outros estudos sejam efetuados, a fim de complementar os resultados aqui apresentados, tais como:

- Avaliação da estabilidade dos fatores hematoaglutinantes presentes nos cormos de *X. atrovirens*, *X. brasiliense* e *X. mafaffa*, a fim de verificar se estes antinutricionais mantêm sua funcionalidade após o cozimento.
- Análises qualitativas dos aminoácidos presentes em cada espécie, bem como determinações acuradas de suas concentrações.
- Determinação das concentrações de lipídeos presentes, uma vez que os mesmos são de extrema importância para o processo de renovação das membranas celulares.
- Avaliações do valor biológico das proteínas existentes nos cormos, a fim de verificar a composição de aminoácidos encontrados nas mesmas.
- Verificar a existência de possíveis alergênicos.
- Acompanhamentos sazonais para verificar as possíveis variações nutricionais durante o desenvolvimento dos cormos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe M, Whitaker JR. 1988. Purification and characterization of a cysteine proteinase inhibitor from the endosperm of corn. *Agricultural and Biological Chemistry* 52: 1583-1584.
- Abramo, M.A. 1990. Taioba, cará e inhame. São Paulo: Ícone. 80p.
- Alonso, R., Rubio, L. A., Muzquiz, M., Marzo, F. 2001 The effect of extrusion cooking on mineral bioavailability in pea and kidney bean seed meals. *Animal Feed Science and Technology* 94(1-2): 1-13.
- Angelis, R.C. 1999. Fome oculta: impacto para a população do Brasil. São Paulo: Atheneu.
- Arellano, E.; Casas, A. 2003. Morphological variation and domestication of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) under silvicultural management in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 439-453.
- Avice, J.C.; Lemaire, G.; Ourry, A., Boucaud, J. 1997a. Effects of the previous shoot removal frequency on subsequent shoot regrowth in two *Medicago sativa* cultivars. *Plant and Soil* 188: 189-198.
- Avice, J.C.; Ourry, A.; Lemaire, G.; Volenec, J.J., Boucaud, J. 1997b. Root protein and vegetative storage protein are key organic nutrients for alfalfa shoot regrowth. *Crop Science* 37: 1187-1193.
- Avice, J.C.; Ourry, A.; Volenec, J.J.; Lemaire, G., Boucaud, J. 1996. Defoliation-induced changes in abundance and immuno-localization of vegetative storage proteins in taproots of *Medicago sativa*. *Plant Physiology Biochemistry* 34 (4): 561-570.
- Avice, J.C.; Ourry, A.; Volenec, J.J.; Lemaire, G., Boucaud, J. 1996. Defoliation-induced changes in abundance and immuno-localization of vegetative storage proteins in taproots of *Medicago sativa*. *Plant Physiology Biochemistry* 34 (4): 561-570.
- Avigad, C. e Dey, P.M. 1997. Carbohydrate metabolism: storage carbohydrates. *In: P.M. Dey e J.B Harborne (eds.). Plant Biochemistry. London, Academic Press. Pp. 143-203.*

- Ball, S.G.; Van De Wal, M.H.B.J., Visser, R.G.F. 1998. Progress in understanding the biosynthesis of amylose. Trends in Plant Science – Reviews 3: 462-464.
- Bode, W., Huber R. 1992. Natural protein proteinase inhibitors and their interaction with proteinases. European Journal of Biochemistry 204: 433-451.
- Buchi, R.; Bachman, M., Keller, F. 1998. Carbohydrate metabolism in source leaves of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.), a starch-storing and stachyosetranslocating labiate. Journal of Plant Physiology 153: 308-315.
- Caballero, J. 1990. El uso de la diversidad vegetal en México: tendencias y perspectivas. In: Medio ambiente y desarrollo en México. In: Leff, E. (Ed.), Medio Ambiente y desarrollo en México. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, México. Pp. 257-290.
- Carlini, C.R. e Grossi-De-Sá, M.F. 2002. Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides. Toxicon 40(11): 1515-1539.
- Carmona, A.; Casas, A. 2005. Management, phenotypic patterns and domestication of *Polaskia chichipe* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. Journal of Arid Environments 60:115-132.
- Carvalho, E.F.; Cordeiro, J.A.D, 1990. Um método alternativo e eficiente de propagação vegetativa de inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) e de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Acta Amazônica 20:11-18.
- Carvalho, M.A.M. e Figueiredo-Ribeiro, R.C.L. 2001. Frutanos: ocorrência, estrutura e utilização, com ênfase em plantas do cerrado brasileiro. Pp. 77-89. In: Lajolo, F.M.; Saura-Calixto, F.; Penna, E.W. e Menezes, E.W. (eds.). Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. São Paulo, Livraria Varela.
- Casas, A.; Caballero, J. 1996. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Fabaceae: mimosoideae) in the mixtc region of Guerrero, Mexico. Economic Botany 50(2): 167-181.

- Casas, A.; Caballero, J.; Mapes, C.; Zárata, S. 1997. Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura em mesoamérica. Boletín de La Sociedad Botánica del México 61: 31-47.
- Castro, G.R. 2006. Studies on cocoyam (*Xanthosoma* spp.) in Nicaragua, with emphasis on Dasheen mosaic virus. Swedish University of Agricultural Sciences. Tese de Doutorado. 33 páginas.
- Chrispeels, M.J. e Raikhel, N.V. 1991. Lectins, Lectin Genes, and Their Role in Plant Defense. *The Plant Cell* 3(1): 1-9.
- Clement, C.R. 1999. 1492 and loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany* 53(2):188-202.
- Core, N.; Bouchart, V.; Ourry, A., Boucaud, J. 1996. Mobilization of nitrogen reserves during regrowth of defoliated *Trifolium repens* L. and identification of potential vegetative storage proteins. *Journal of Experimental Botany* 47 (301): 1111-1118.
- Costa, M.B., 2006. Composição em aminoácidos e digestibilidade in vivo de proteínas de amêndoas do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.), do Estado de Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado. Programa Multiinstitucional de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - UNB/UFG/UFMS, Campo Grande. 51 páginas.
- Coursey, D.G., 1968. The edible aroids. 20, 2-8.
- Crowe, S.E.; Perdue, M.H. Gastrointestinal food hypersensitivity: basic mechanisms of pathophysiology. *Gastroenterology*, v. 103, p. 1075-1095, 1992.
- Cruz G.A.D.R.; Oliveira M.G.A.; Pires C.V.; Pilon A.M.; Cruz R.S., Brumano M.H.N. 2004. Avaliação da digestibilidade protéica, inibidor de protease e fibras alimentares de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) *Brazilian Journal of Food Technology*. 7(2): 103-109.
- Cruz, M.; Casas, A. 2002. Morphological variation and reproductive biology of *Polaskia chende* (Cactaceae) under domestication in Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 51: 561-576.

- Cyr, D.R. e Bewley, J.D. 1990. Proteins in the roots of the perennial weeds chicory (*Cichorium intybus* L.) and dandelion (*Taraxacum officinale* Weber) are associated with overwintering. *Planta*, 182: 370-374.
- Elliot, W.H. e Elliot, D.C. 1997. *Biochemistry and molecular biology*. New York: Oxford University Press.
- Etzler, M.E. 1985. Plant Lectins: Molecular and Biological Aspects. *Annual Review of Plant Physiology* 36(1): 209-234.
- Farrar, J.; Pollock, C., Gallagher, J., 2000. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. *Plant Science* 154: 1-11.
- Franco, O.L.; Rigden, D.J.; Mello, F.R.; Grossi-de-Sá, M.F. 2002. Plant  $\alpha$ -amylase inhibitors and their interaction with insect  $\alpha$ -amylases. 269: 397-412.
- Friedman, M. 1996a. Food Browning and Its Prevention: An Overview. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 44(3): 631-653.
- Friedman, M. 1996b. Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources: A Review. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 44(1): 6-29.
- Garcia-Olmedo, F., Salcedo, G., Sanchez-Monge, R., Gomez, L., Royo, J. Carbonero, P. 1987. *Oxford Surveys on Plant Molecular Cell Biology* 4: 275-334.
- Gepts, P. 2004. Crop domestication as a long-term selection experiment. *Plant Breeding Reviews* 24(2): 1-44.
- Giacometti, D.C. e León, J. 1994. Tannia, yautía (*Xanthosoma sagittifolium*). In: J. E. Hernando Bermejo e J. León. *Neglected crops: 1492 from a Different Perspective*. *Plant Production and Protection Series* 26: 253-258.
- Gonçalves, E.G., 2000. *Xanthosoma riparium* (Araceae), a New Species from Goias, Brazil. *Novon* 10(1), 26-28.
- Graziano, T.T., 1990. Variações dos compostos de reserva do sistema subterrâneo de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Scott (taioba) durante a brotação e desenvolvimento da planta. Universidade Estadual de Campinas. Tese de Doutorado.
- Grayum, M.H. 1990. Evolution and Phylogeny of the Araceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 77: 628-697.

- Harlan, J.R. 1975. Crops and Man. Foundation for modern Crop Science. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
- Hather, J.G. e Hammond, N. 1994. Ancient maya subsistence diversity: root and tuber remains from Cuello, Belize. *Latin American Antiquity*, 68, 330-35
- Heiser, C.B. 1988. Aspects of unconscious selection and evolution of domesticated plants. *Euphytica* 37: 77-81.
- Hendershot, K.L.; Volenec, J. J. 1993. Nitrogen pools in taproots of *Medicago sativa* L. after defoliation. *Journal of Plant Physiology* 141:129-135.
- Heredia Zárata, N.A.; Vieira, M.C.; Pontim, B.C.A 2005. Arranjo de plantas na produção do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) 'Comum'. *Acta Scientiarum: Agronomy* 27(3): 409-413.
- Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição 1990. Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição: PNSN, 1989. Brasília: INAN.
- Johnson, S.L.; McPhee, L.; Birch, L.L. 1991. Conditioned preferences: young children prefer flavors associated with high dietary fat. *Physiology & Behavior* 50(6): 1245-1251.
- Justes, E.; Thiébeau, P.; Avicé J.C.; Lemaire, G.; Volenec, J.J.; Ourry, A. 2002. Influence of summer sowing dates, N fertilization and irrigation on autumn VSP accumulation and dynamics of spring regrowth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Experimental Botany* 53: 111-121.
- Keilova, H., Tomasek, V. 1977. Naturally occurring inhibitors of intracellular proteinases. *Acta biologica et medica Germanica* 36: 1873-81.
- Keller, F. e Pharr, D.M. 1996. Metabolism of carbohydrates in sinks and sources. Galactosyl-Sucrose. *In: Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships*. New York, Marcel Dekker, Inc. Pp.157-184.
- Kim, T.H.; Ourry, A.; Boucaud, J.; Lemaire, G. 1991. Changes in source-sink relationship for nitrogen during regrowth of Lucerne (*Medicago sativa* L.) following removal of shoots. *Australian Journal of Plant Physiology*, 18: 593-602.
- Lajolo, F.M.; Tirapegui, J. 1998. Proteínas e aminoácidos. *In: OLIVEIRA, J.E.D. de. Ciências Nutricionais*. São Paulo: Sarvier. Pp. 41-65.



- Le Dily, F.; Goulas, E.; Lainé, P., Le Deunff, E. 2001. Patterns of development and nitrogen reserves mobilization during regrowth of defoliated clover. *In: International Grassland Congress, 19. Proceedings.* Piracicaba: FEALQ, 2001. Pp. 45-46.
- Lemaire, G. e Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In: Hodgson, J.; Illius, W. (Ed.) The ecology and management of grazing systems.* London: CAB International. Pp. 3-36.
- Lemaire, G. e Millard, P., 1999. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. *Journal of Experimental Botany* 50: 15-28.
- Lewis, D.H. 1984. Storage carbohydrates in vascular plants: distribution, physiology and metabolism. London, Cambridge University.
- Liener, I.E. 1970. Toxic constituents of plant foodstuffs. *Proceedings of The Nutrition Society* 29: 56-57.
- Liener, I.E. 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Reviews of Food Science Nutrition* 34(1): 31-67.
- Lira, R.; Casas, A. 1998. Uso y manejo de *Ibervillea millspaughii* (Cogn.) C. Jeffrey, *Melothria pendula* L. y otras especies silvestres de la familia Cucurbitaceae: posibles procesos de domesticación incipiente. *Boletín de la Sociedad Botánica del México* 62: 77-89.
- Loris, R. 2002. Principles of structures of animal and plant lectins. *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects* 1572(2-3): 198-208.
- Loris, R., Hamelryck, T., Bouckaert, J., Wyns, L. 1998. Legume lectin structure. *Biochimica et Biophysica Acta - Protein Structure and Molecular Enzymology* 1383(1): 9-36.
- Mangan, F.X.; Mendonça, R.U.; Moreira, M.; Nunes, S.V.; Finger, F.L.; Barros, Z.J.; Galvão, H.; Almeida, G.C.; Anderson, M.D. 2007. Production and marketing of vegetables for the ethnic markets in the United States. *Revista Horticultura Brasileira* 26(1): 6-14.
- Mares, M., Meloun, B., Pavlik, M., Kostka, V., Baudys, M. 1989. Primary structure of cathepsin D inhibitor from potatoes and its structure relationship to soybean trypsin inhibitor family. *FEBS Letters* 251: 94-98.

- Marín, P.C.G.; Estrada-Loera, E.; May-Pat, F. 1996. Patterns of morphological variation, diversity and domestication of wild and cultivated populations of Agave in Yucatan, Mexico. *American Journal of Botany* 83(8): 1069-1082.
- Mayo, S.J.; Bogner, J.; Boyce, P.C. 1997. *The Genera of Araceae*. Reino Unido: Kew Publishing.
- Mengel, K. e Kirkby, E.A. 2001. *Principles of plant nutrition*. 5 ed. Boston: Kluwer Academic Press. 864p.
- Millar, D.J., Allen, A.K., Smith, C.G., Sidebottom, C., Slabas, A.R., Bolwell, G.P. 1992. Chitin-binding proteins in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. Characterization, immunolocalization and effects of wounding. *The Biochemical Journal* 283 (3): 813-21.
- Millard, P. 1996. Ecophysiology of the internal cycling of nitrogen for tree growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 159: 1-10.
- Millward, D.J. e Jackson, A.A. 2004. Protein/energy ratios of current diets in developed and developing countries compared with a safe protein/energy ratio: implications for recommended protein and amino acid intakes. *Public Health Nutrition* 7(3): 387-405.
- Millward, D.J. 1999. The nutritional value of plant-based diets in relation to human amino acid and protein requirements. *Proceedings of Nutrition Society* 58(2): 249-60.
- Millward, D.J. 2003. An adaptive metabolic demand model for protein and amino acid requirements. *Brazilian Journal of Nutrition* 90(2): 249-60.
- Monteiro, C.A., Mondini, L., de Souza, A.L., Popkin, B.M. 1995. The nutrition transition in Brazil. *European Journal of Clinical Nutrition* 49(2):105-13.
- Moreira, R.D.A., Ainouz, I.L., De Oliveira, J.T., Cavada, B.S. 1991. Plant lectins, chemical and biological aspects. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 86: 211-218.
- Morgane, P.J., Mokler, D.L., Galler, J.R. 2002. Effects of prenatal protein malnutrition on the hippocampal formation. *Neuroscience Biobehavioural Reviews* 26(4): 471-83.

- Morton, J.F. 1972. Cocoyams (*Xanthosoma caracu*, *X. atrovirens* and *X. nigrum*), ancient root and leaf vegetables gaining in economic importance. Proceedings of Florida State Horticultural Society 85: 85-94.
- Nelson, D.L. e Cox, M.M. 2002 Lehninger: Princípios de Bioquímica. São Paulo, Sarvier.
- Nóbrega, F.J. 1998. Distúrbios da nutrição. Rio de Janeiro: Revinter.
- Noquet, C.; Avice, J.C.; Ourry, A.; Volenec, J.J.; Cunningham, S., Boucaud, J. 2001. Effects of environmental factors and endogenous signal on N uptake, N partitioning and taproot vegetative storage protein accumulation in *Medicago sativa*. Australian Journal of Plant Physiology 28: 279-287.
- Novoa, R. e Loomis, R.S.. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil 58: 177-204.
- Oliveira, A.S., Xavier-Filho, J., Sales, M.P. 2003. Cysteine Proteinase and Cystatins. Brazilian Archives of Biological Technology 46(1):91-104.
- Oliveira, J.E.D. 1988. Ciências Nutricionais. São Paulo: Sarvier.
- Omokolo, N.D.; Boudjeko, J.J.; Takadong, T, 2003. *In vitro* tuberization of *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott: effect of phytohormones, sucrose, nitrogen and photoperiod. Scientia Horticulturae 98(4): 337-345.
- Ong, M.H., Jumel, K., Tokarazuk, P.F., Blanshard, J.M.V., Harding, S.E. 1994. Simultaneous determination of the molecular-weight distributions of amyloses and the fine structures of amylopectins of native starches. Carbohydrate Research 260: 99-117.
- Ourry, A., Bigot, J., Kim, T.H., Boucaud, J., Salette, J. 1993. Reserve mobilisation during regrowth after cutting of forage species: quantitation and physiological mechanisms in ryegrass and lucerne. *In*: International Grassland Congress, 17. New Zealand and Australia. Palmerston North: Keeling & Mundy Ltd. Pp.121-122.
- Ourry, A.; Boucaud, J., Salette, J. 1988. Nitrogen mobilization from stubble and roots during regrowth of ryegrass. Journal of Experimental Botany 39: 803-809.

- Ourry, A.; Kim, T.H., Boucaud, J. 1994. Nitrogen reserve mobilization during growth of *Medicago sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. *Plant Physiology*, 105: 831-837.
- Park, K.S., Cheong J.J., Lee, S.J., Suh, M.C., Choi, D. 2000. A novel Proteinase Inhibitor Gene Transiently Induced by Tobacco Mosaic Virus Infection. *Biophysica et Biochimica Acta* 1942:509-512.
- Payan, F. 2004. Structural basis for the inhibition of mammalian and insect  $\alpha$ -amylases by plant protein inhibitors. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins & Proteomics* 1696: 171-180.
- Pedralli, G., Carmo, C.A, Cereda, M., Puiatti, M. 2002. Uso de nomes populares para as espécies de Araceae e Dioscoreaceae no Brasil. *Horticultura Brasileira* 20(4): 530-532.
- Pinto, N.A.V.D. 1998. Avaliação química das folhas, limbos e caules da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott), visando seu aproveitamento na alimentação humana. Lavras: UFLA. Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos) - Universidade Federal de Lavras. 88 p.
- Pinto, N.A.V.D.; Carvalho, V.D.; Corrêa, A.D.; Rios, A.O. 2001a. Avaliação de fatores antinutricionais das folhas da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). *Ciência e Agrotecnologia* 25(3): 601-604.
- Pinto, N.A.V.D.; Fernandes, S.M.; Thé, P.M.P.; Carvalho, V.D. 2001b. Variabilidade da composição centesimal, vitamina C, ferro e cálcio de partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). *Revista Brasileira de Agrociência* 7(3)205-208.
- Pinto, N.A.V.D.; Vilas Boas, B.M.; Carvalho, V.D. 1999. Caracterização mineral das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). *Ciência e Agrotecnologia* 23(1): 57-61.
- Plowman, T. 1969. Folk uses of new world aroids. *Economic Botany* 23: 97-122.
- Prychid, C.J., Rudall, P.J. 1999. Calcium Oxalate Crystals in Monocotyledons: A Review of their Structure and Systematics. *Annals of Botany* 84: 725-739.

- Purseglove, J.W. 1972. Tropical Crops: Monocotyledons. Longman Scientific and Technical, New York.
- Pusztai, A., Grant, G., Duguid, T., Brown, D.S., Peumans, W.J., van Damme, E.J.M., Bardocz, S. 1995. Inhibition of Starch Digestion by  $\alpha$ -Amylase Inhibitor Reduces the Efficiency of Utilization of Dietary Proteins and Lipids and Retards the Growth of Rats. *The Journal of Nutrition* 125: 1554-1562.
- Rackis, J.J., Wolf, W.J., Baker, E.C. 1986 Protease inhibitors in plant foods: content and inactivation. *Advanced Experimental Medical Biology* 199: 299-347.
- Rendón, B.; Núñez-Farfán, J. 1998. Genética evolutiva del proceso de domesticación en plantas. *Boletín de la Sociedad Botánica del México* 63: 131-151.
- Ryan, C.A. 1990. Protease Inhibitors in Plants: Genes for Improving Defenses Against Insects and Pathogens. *Annual Reviews of Phytopathology* 28: 425-449.
- Salinas, J.L.V.; Casas, A.; Caballero, J. 1993. Las plantas y la alimentación entre los mixtecos de Guerrero. *In: Cultura y Manejo sustentable de los recursos naturales. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, México. Pp. 625-671.*
- Sampson, H.A. 1999. Food allergy. Part 1: Immunopathogenesis and clinical disorders. *Journal of Allergy Clinical Immunology* 103: 717-728.
- Sampson, H.A. 2000. Food anaphylaxis. *British Medical Bulletin* 56: 925-935.
- Sarwar, G.E., Mcdonough, F.E. 1990. Evaluation of protein digestibility-corrected amino acid score method for assessing protein quality of foods. *Journal of Association of Analytical Chemistry* 73(3): 347-56.
- Sarwar, G. 1997 The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score Method Overestimates Quality of Proteins Containing Antinutritional Factors and of Poorly Digestible Proteins Supplemented with Limiting Amino Acids in Rats. *Journal of Nutrition* 127(5): 758-764.
- Seena, S., Sridhar, K.R., Jung, K. 2005a. Nutritional and antinutritional evaluation of raw and processed seeds of a wild legume, *Canavalia cathartica* of coastal sand dunes of India. *Food Chemistry* 92(3): 465-472.

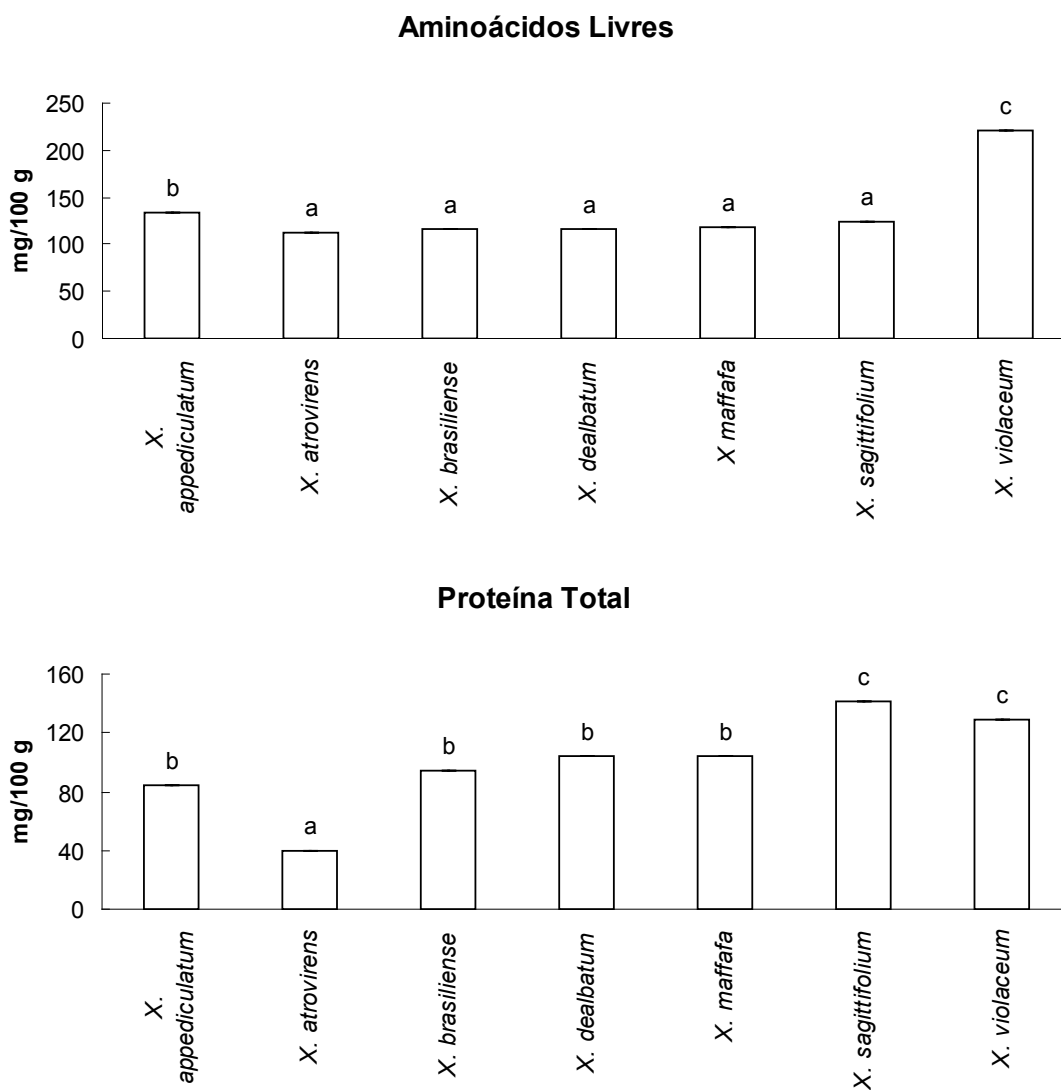
- Seena, S., Sridhar, K.R., Ramesh, S.R., 2005b. Nutritional and protein quality evaluation of thermally treated seeds of *Canavalia maritima* in the rat. *Nutrition Research* 25(6): 587-596.
- Seganfredo, R.; Finger, F.L.; Barros, R.S.; Mosquim, P.R. 2001. Influência do momento de colheita sobre a deterioração pós-colheita em folhas de taioba. *Horticultura Brasileira* 19(3): 316-319.
- Sheard, R.W. 1973. Organic reserves and plant regrowth. *In*: Butler, G.W. e Bailey R.W. (Ed.) *Chemistry and biochemistry of herbage*. London: Academic Press. Pp.353-377.
- Shewry, P.R. 2003. Tuber Storage Proteins. *Annals of Botany* 91, 755-769.
- Silva, M.R., Silva, M.A.A.P.D. 2000. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. *Revista de Nutrição* 13: 3-9.
- Silva, R.A.N., 2007. Produção e comercialização de hortaliças presentes na culinária brasileira no Estado de Massachusetts/EUA. 2007. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/downloads/jilo.pdf>> Acesso em: 08 de novembro de 2008.
- Silveira, J.A.G. 1985. Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento de canade- açúcar (*Saccharum* spp.) cultivada em condições de campo. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Solomon, M., Belenghi, B., Delledonne, M., Menachem, E., Levine, A. 1999. The Involvement of Cysteine Protease and Protease Inhibitor Genes in the Regulation of Programmed Cell Death in Plants. *The Plant Cell* 11:431-443.
- Souza, C.S. 2008. Propagação *in vitro* de germoplasma de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de Mestrado.
- Souza, V.C. e Lorenzi, H. 2005. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum.
- Svensson, B., Fukuda, K., Nielsen, P.K., Bønsager, B.C. 2004. Proteinaceous  $\alpha$ -amylase inhibitors. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins e Proteomics* 1696: 145-156.

- Taiz, L.; Zeiger, E. 2004. Plant physiology. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates.
- Thornton, B.; Millard, P.; Bausenwein, U. 2000. Reserve formation and recycling of carbon and nitrogen during regrowth of defoliated plants. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; Moraes, A. de; Carvalho, P.C.F.; Nabinger, C. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. London: CAB International. Pp.85-99.
- Valueva, T.A., Revina, T.A., Kladnitskaya, G.V., Mosolov, V.V. 1998. Kunitz-type Proteinase Inhibitors from Intact and *Phytophthora*-Infected Potato Tubers. FEBS Letters 426:131-134.
- Van Damme, E.J.M., Peumans, W.J., Barre, A., Rougé, P. 1998. Plant Lectins: A Composite of Several Distinct Families of Structurally and Evolutionary Related Proteins with Diverse Biological Roles. Critical Reviews in Plant Sciences 17(6): 575-692.
- Vasconcelos, I.M. e Oliveira, J.T. 2004. Antinutritional properties of plant lectins. Toxicon 44(4): 385-403.
- Viacava, F.; Figueiredo, C.M.; Oliveira, W.A. 1983. A desnutrição no Brasil: uma análise nacional da Despesa Familiar (IBGE 74-75) para Nordeste, Estado de São Paulo e Estado do Rio de Janeiro. FINEP: Vozes.
- Volenec, J.J.; Ourry, A.; Joern, B.C. 1996. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. Physiologia Plantarum 97:185-193.
- Walker, A.J., Ford, L., Majerus, M.E.N., Geoghegan, A.E., Birch, N., Gatehouse, J.A., Gatehouse, A.M.R. 1997. Characterization of the Mid-gut Digestive Proteinase Activity of the Two-spot Ladybird (*Adalia bipunctata*) and its Sensitivity to Proteinase Inhibitors. Insect Biochemistry and Molecular Biology 28: 173-180.
- Whitehead, D.C. 2000. Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships. Cambridge: University Press.
- WHO - World Health Organization. Nutrition for Health and Development A global agenda for combating malnutrition, 2000. Disponível em <[http://whqlibdoc.who.int/hq/2000/WHO\\_NHD\\_00.6.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2000/WHO_NHD_00.6.pdf)> Acesso em 28 de dezembro de 2008.

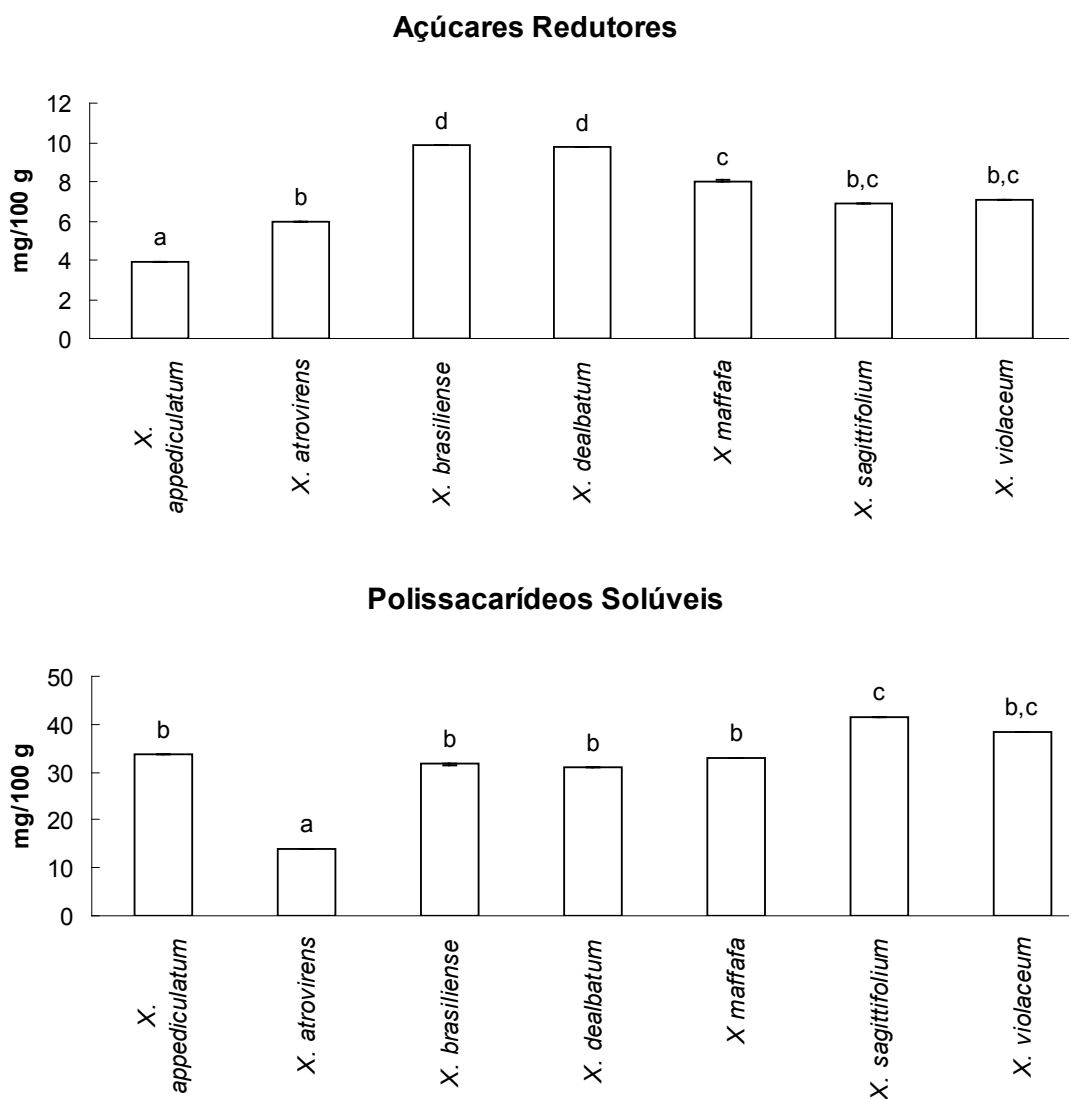
- WHO/FAO. - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005. Eradicating world hunger – key to achieving the Millennium Development Goals The State of Food Insecurity in the World, Rome. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/a0200e/a0200e00.pdf>> Acesso em 28 de dezembro de 2008.
- WHO/FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. Incorporating Nutrition: Considerations into Development Policies and Programmers Brief for Policy-makers and Programme. Planners in developing countries nutrition Planning ,assessment and evaluation service food and nutrition division food and agriculture organization of the united nations. Disponível em <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5343e/y5343e00.pdf>> Acesso em 28 de dezembro de 2008.
- Wolfe, R.R. 2008. Protein Summit: consensus areas and future research. American Journal of Clinical Nutrition 87(5): 1582S-1583.
- World Health Organization (WHO), 2008. Severe Malnutrition. Retrieved 20/07/2007, from <http://www.who.int/nutrition/topics/malnutrition/en/>.
- Wuthrich, B.; Ballmer-Weber, B.K. 2001. Food-induced anaphylaxis. Allergy 56(67): 102-104.
- Xavier-Filho, J. 1993. Sementes e Suas Defesas Contra Insetos. Fortaleza: Imprensa da Universidade Federal do Ceará. 31p.
- Young, V.R. e Pellett, P.L. 1994. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. American Journal of Clinical Nutrition 59(5): 1203S-1212.
- Zeeman, S.C.; Tiessen, A.; Pilling, E.; Kato, K.L.; Donald, A.M., Smith, A.M. 2002. Starch synthesis in Arabidopsis. Granule synthesis, composition and structure. Plant Physiology 129: 516-529.
- Zohary, D. 2004. Unconscious selection and evolution of domesticated plants. Economic Botany 58(1): 5-10.



## **ANEXOS**

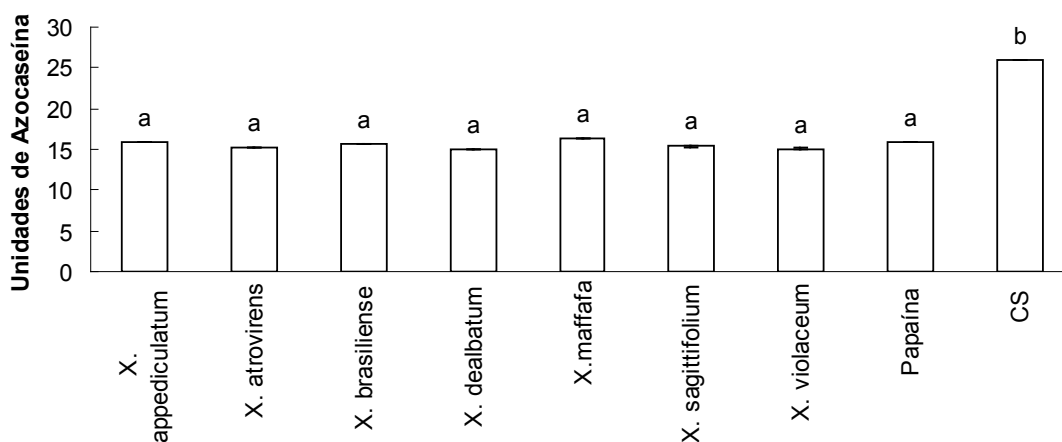


**Anexo 1** - Concentrações de compostos nitrogenados em cormos de *Xanthosoma* spp. e seus respectivos desvios-padrão. A – Aminoácidos livres. B – Proteína total. Letras iguais indicam valores estatisticamente equivalentes de acordo com as análises de ANOVA ( $P \leq 0.05$ ).

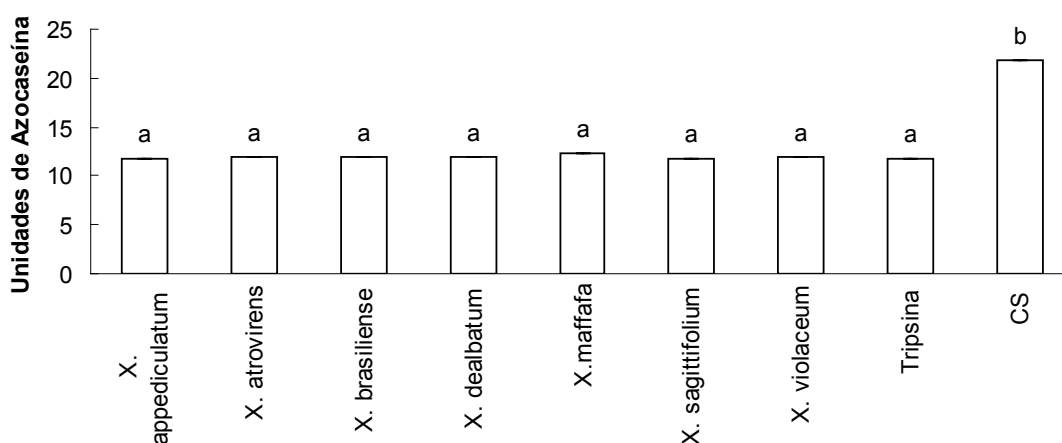


**Anexo 2** - Concentrações de carboidratos não estruturais em cormos de *Xanthosoma* spp. e seus respectivos desvios-padrão. A – Açúcares redutores. B – Polissacarídeos solúveis. Letras iguais indicam valores estatisticamente equivalentes de acordo com as análises de ANOVA ( $P \leq 0.05$ ).

### Ensaio de Inibição de Protease Cisteínica

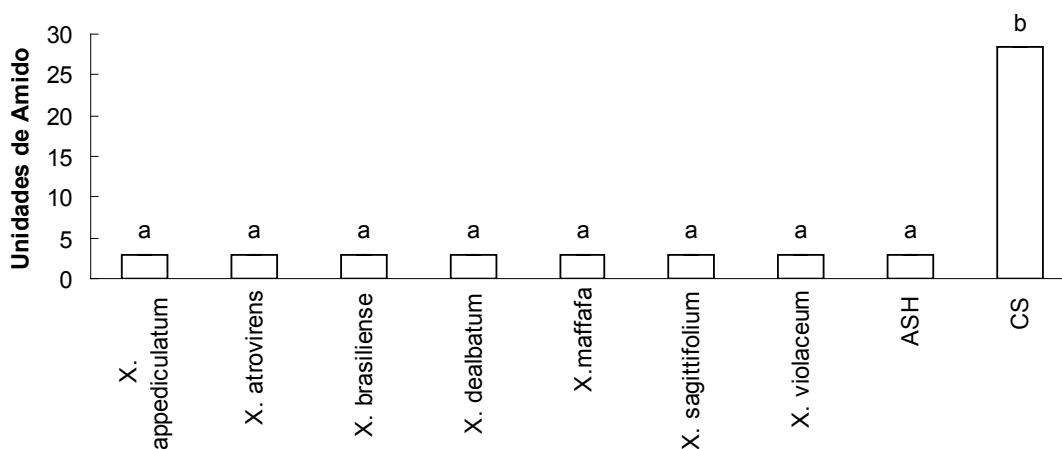


### Ensaio de Inibição de Protease Serínica

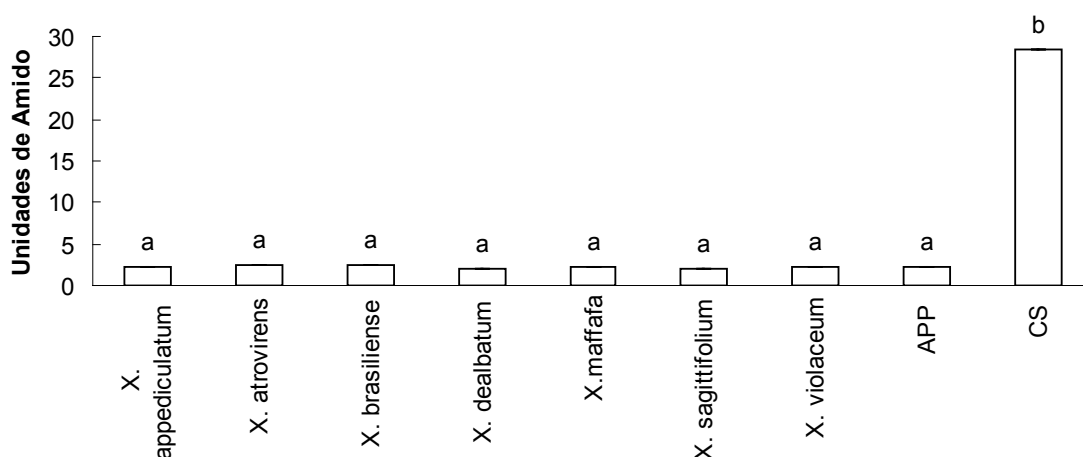


**Anexo 3** – Ensaio de inibição proteolítica com cormos de *Xanthosoma* spp. e seus respectivos desvios-padrão. A – Ensaio de inibição de protease cisteínica (papaina). B – Ensaio de inibição de protease serínica (tripsina). CS: Controle do substrato. Cada barra corresponde à quantidade de substrato remanescente após o tempo de reação. Letras iguais indicam valores estatisticamente equivalentes de acordo com as análises de ANOVA ( $P \leq 0.05$ ).

### Ensaio de Inibição de Amilase Salivar Humana



### Ensaio de Inibição de Amilase Pancreática Bovina



**Anexo 4** - Ensaio de inibição amilolítica com cormos de *Xanthosoma* spp. e seus respectivos desvios-padrão. A – Ensaio de inibição de amilase pancreática bovina (APB). B – Ensaio de inibição de amilase salivar humana (ASH). CS: Controle do substrato. Cada barra corresponde à quantidade de substrato remanescente após o tempo de reação. Letras iguais indicam valores estatisticamente equivalentes de acordo com as análises de ANOVA ( $P \leq 0.05$ ).