**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FOLHAS DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*,
Crantz) TOLERANTES E SUSCETÍVEIS AO ESTRESSE HÍDRICO**

HELEN MARIA TUPY DA FONSECA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Basso

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área de Concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Março - 1996

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Fonseca, Helen Maria Tupy da

Composição química de folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico / Helen Maria Tupy da Fonseca. - - Piracicaba, 1996. 90p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. Bibliografia.

1. Mandioca - Folha - Composição química 2. Mandioca - Efeito do estresse

I. Título

CDD 633.4

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FOLHAS DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*,
Crantz) TOLERANTES E SUSCETÍVEIS AO ESTRESSE HÍDRICO**

HELEN MARIA TUPY DA FONSECA

Aprovada em : 03. 05. 1996

Comissão julgadora :

Prof. Dr. Luiz Carlos Basso

ESALQ/USP

Prof. Dr. Luiz Eduardo Gutierrez

ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Augusto Lucchesi

ESALQ/USP

Prof. Dr. Luiz Carlos Basso
Orientador

Aos meus Pais

Poty e Diana

A minha avó

Terezinha de Castro (in memoriam)

Minha gratidão e homenagem.

Ao meu noivo, Patrício Américo,
que sempre me incentivou
com muito amor e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

À minha família, pelo amor, estímulo e incentivo.

Ao meu noivo Patrício Américo dos Santos e sua família, pelo amor, incentivo e amizade.

A todos os amigos e parentes, pelo incentivo e amizade.

À Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', pela oportunidade concedida.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor e orientador Luiz Carlos Basso, pela amizade, confiança e orientação segura durante o curso.

Ao professor Luiz Eduardo Gutierrez, pela valiosa orientação, amizade e pelos conhecimentos transmitidos com inteligência e dedicação contribuindo de forma decisiva para a minha formação científica.

Aos professores do Curso de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, pelos inestimáveis ensinamentos transmitidos.

Ao meu Tio 'Oscar Tupy', a quem eu devo a realização deste curso, pelo incentivo e confiança; e a sua família que sempre me acolheu com tanto amor e carinho.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)-
Centro Nacional De Mandioca e Fruticultura (CPNMF), em especial aos
pesquisadores: Dr. Orlando S. Passos; Dr. Joselito S. Motta, Dra. Wania M. G.
Fukuda e Dr. Carlos Estevão, pela sugestão do trabalho e pelas amostras
concedidas.

Aos pesquisadores Dra. Ana Cândida Primavessi e Abel Rebouças
São José, pela indicação do mestrado e pela amizade demonstrada.

À professora Jocelim M. Salgado, pelos ensinamentos transmitidos
na área de nutrição humana e pela disponibilidade demonstrada.

Aos técnicos Luiz Lucatti (Cometa) e Admir A. Campos, pela
amizade e a valiosa colaboração durante a parte experimental deste trabalho.

À secretária da Bioquímica Maria Cristina D'Elia, pela grande ajuda
no encaminhamento burocrático desta dissertação e pela amizade.

A todos os pesquisadores e funcionários da Bioquímica, pela ajuda
na realização deste trabalho e pelo feliz convívio.

Aos professores e funcionários responsáveis pelo laboratório de
Nutrição Mineral de Plantas, pela realização das análises minerais.

Ao funcionários do CIAGRI (Centro de Informática na Agricultura)
pela ajuda na digitação deste trabalho.

Aos funcionários da Biblioteca Central/ESALQ, pelo atendimento e
correção das referências bibliográficas.

À amiga Eltiza Rondino pelos ensinamentos durante a parte experimental deste trabalho.

À amiga Elaine A. Souza, pela ajuda nas análises estatísticas.

Ao amigo Francisco P. Neto, pela ajuda na elaboração do summary.

Às minhas amigas Ana Aparecida, Elaine e Luciana, pela grande amizade demonstrada em todos os momentos de dificuldades e de alegrias que passamos juntas.

Às colegas de república, Luciana, Tânia, Marli e Silvia, pela convivência amiga.

Aos colegas e amigos do Curso de Fisiologia e Bioquímica de Plantas e a todos os amigos da Pós-Graduação da ESALQ, pela acolhida e feliz convivência.

Aos professores Luiz Carlos Basso, Luiz Eduardo Gutierrez e Antonio Augusto Lucchesi, membros da comissão julgadora desta dissertação, pela determinação e seriedade no julgamento deste trabalho.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
SUMMARY.....	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Teor de açúcares redutores	21
3.2. Teor de ácido ascórbico	22
3.3. Teor de ácido cianídrico	22
3.4. Teor de oxalato total	22
3.5. Teor de minerais	22
3.5.1. Extração e determinação de P, K, Ca, Mg, Fe e Zn .	23
3.5.1.1. Teor de fósforo	23
3.5.1.2. Teor de potássio	23
3.5.1.3. Teores de cálcio, magnésio, ferro e zinco	23
3.6. Teor de proteína bruta	24
3.7. Análise estatística dos dados	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Teor de proteína bruta	25
4.2. Teor de fósforo	30

4.3. Teor de potássio	35
4.4. Teor de magnésio	40
4.5. Teor de ferro	43
4.6. Teor de zinco	48
4.7. Teor de açúcares redutores	52
4.8. Teor de ácido ascórbico	56
4.9. Teor de ácido cianídrico	59
4.10. Teor de cálcio	65
4.11. Teor de oxalato	69
5. CONCLUSÕES	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FOLHAS DE CULTIVARES DE MANDIOCA
(*Manihot esculenta*, Crantz) TOLERANTES E SUSCETÍVEIS
AO ESTRESSE HÍDRICO.

Autora: HELEN MARIA TUPY DA FONSECA

Orientador: PROF. DR. LUIZ CARLOS BASSO

RESUMO:

Este trabalho teve por objetivo determinar os teores de proteína bruta, fósforo, potássio, magnésio, ferro, zinco, açúcares redutores, ácido ascórbico, ácido cianídrico, cálcio e oxalato presentes nas folhas de dez cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, e observar a existência de relação entre estes teores e a tolerância à seca, nas cultivares em estudo.

Os resultados obtidos mostram que as cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico apresentaram maiores teores de proteína bruta, fósforo, potássio e zinco quando comparadas com as suscetíveis. As cultivares suscetíveis por sua vez, apresentaram teores de ácido ascórbico maiores que as cultivares tolerantes. Observou-se, também, que os teores de ácido ascórbico foram diretamente proporcionais aos teores de açúcares redutores.

Comparando-se os teores de magnésio, ferro, açúcares redutores, ácido cianídrico, cálcio e oxalato encontrados nas folhas das cultivares de

mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, concluiu-se que não houve diferença significativa entre estes dois grupos de cultivares.

As folhas das dez cultivares de mandioca, analisadas, apresentaram teores semelhantes de proteína bruta, potássio, magnésio, ferro zinco, ácido ascórbico e cálcio quando comparadas com fontes tradicionais destes nutrientes. Quando comparadas com fontes tradicionais de fósforo, as folhas de mandioca analisadas foram consideradas pobres neste mineral.

Os teores de ácido cianídrico encontrados nas folhas das dez cultivares de mandioca analisadas foram considerados moderadamente tóxicos aos animais e tóxicos ao homem (dependendo da quantidade ingerida e da frequência desta ingestão).

O teor de oxalato contido nas folhas das dez cultivares de mandioca analisadas, está abaixo do valor considerado mínimo para intoxicação letal do homem.

**CHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES FROM CULTIVARS OF
CASSAVA (*Manihot esculenta*, Crantz) TOLERANTS AND
SUSCEPTIBLES TO WATER STRESS**

Author: HELEN MARIA TUPY DA FONSECA

Adviser: PROF. DR. LUIZ CARLOS BASSO

SUMMARY:

The objective of this work was to determine the levels of protein, phosphorus, potassium, magnesium, iron, zinc, reducing sugars, ascorbic acid, hydrocyanidric acid, calcium and oxalate present in the leaves from ten tolerants and susceptibles cultivars to water stress cassava and to observe any relationship among these levels and the tolerance to drought in the cultivars studied.

The results obtained showed that water stress tolerants cultivars presented higher levels of protein, phosphorus, potassium and zinc, when compared with the susceptibles cultivars. The susceptibles cultivars showed higher levels of ascorbic acid than the tolerants cultivars. Furthermore, levels of ascorbic acid were directly proportional to levels of reducing sugars.

Comparing levels of magnesium, iron, reducing sugars, cyanidric acid, calcium and oxalate presented in the leaves of the cultivars of cassava

tolerants and susceptibles to water stress, we concluded that there was no significant difference among these two cultivars groups.

Leaves from the ten cultivars of cassava analysed presented similar levels of protein, potassium, magnesium, iron, zinc, ascorbic acid and calcium when compared with traditional sources of these nutrients. When compared with traditional sources of phosphorus, the cassava leaves analysed were considered poor in this mineral.

Levels of cyanidric acid present in the leaves from the ten cultivars cassava analysed were considered moderately toxicant to animals and toxicant to man (depending on the quantity swallowed and on the frequency of this swallow).

Level of oxalate present in the leaves from the ten cultivars cassava analysed was lower than the value considered minimum for human letal intoxication.

1. INTRODUÇÃO

As deficiências nutricionais, em especial a protéica, têm sido um dos principais fatores causadores da desnutrição humana, acarretando à população distúrbios físicos e mentais muitas vezes irreversíveis. Essas deficiências podem ser atribuídas, principalmente, às dificuldades econômicas e políticas para a produção e ou obtenção de alimentos ricos em proteínas e outros nutrientes, por grande parte da população brasileira.

A fim de solucionar parcialmente este problema, torna-se necessário a utilização de fontes não convencionais de proteínas, vitaminas e minerais, tais como resíduos vegetais. Entre estes resíduos vegetais, destacam-se as folhas verdes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) que apresentam um elevado valor nutritivo (ricas em proteínas, vitaminas, e alguns minerais), além de baixo custo de produção por serem consideradas resíduos de uma cultura de subsistência amplamente adaptada às nossas condições e, principalmente, por não competirem com o principal produto comercial da cultura, que são as raízes (Carvalho & Kato, 1987).

Entretanto a maior limitação para a aceitação das folhas verdes da mandioca como fonte de alimentação alternativa pela população e principalmente

pela FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS), consiste na grande variação do conteúdo nutricional das folhas das diferentes cultivares de mandioca. Isto ocorre porque existe um número altíssimo de cultivares, adaptadas as mais diferentes regiões do país, as quais sofrem a influência de vários fatores como: variedades, água, clima e solo, que podem acarretar enormes diferenças na composição química de cada uma dessas cultivares (Carvalho & Kato, 1987).

Entre estes fatores, a água é um dos que mais influencia na composição química da mandioca. Segundo Rocha (1976), a mandioca é uma espécie resistente à seca (apesar de haver diferenças significativas entre cultivares, quanto ao grau de tolerância à desidratação de suas folhas) e que seu principal sistema de defesa é uma alta resistência estomática.

Vários autores têm encontrado que a alta resistência estomática das células das folhas de mandioca é resultado do controle bioquímico da abertura estomática. Eles observaram que o déficit hídrico nas folhas induzia a duplicação da produção endógena de ácido abscísico (ABA) que, naturalmente, poderia promover o fechamento dos estômatos como um sistema de defesa das plantas contra a excessiva perda de água (Coêlho, 1980).

O ajustamento osmótico característica importante de plantas de ambientes áridos, que é definido como a acumulação de solutos osmoticamente ativos (açúcares solúveis e aminoácidos) nos tecidos foliares durante o déficit

hídrico, atua diminuindo os potenciais osmótico e hídrico e, conseqüentemente, reduzindo a perda de água através da manutenção completa ou parcial do potencial de turgescência foliar, mantendo assim seus estômatos abertos a um potencial hídrico foliar progressivamente menor (Cairo, 1992).

Além de alterar o conteúdo do ABA, dos açúcares solúveis e dos aminoácidos, o déficit hídrico pode alterar também o conteúdo de outros componentes químicos das células das folhas de mandioca durante o processo de aclimação às condições de estresse hídrico. Alterações estas, que podem tornar certas cultivares de mandioca mais tolerantes à seca do que outras.

Existe portanto um grande interesse, principalmente por parte dos pesquisadores, em se conhecer a composição química das folhas das mais diversas cultivares de mandioca, para então selecioná-las de acordo com a finalidade a que se destinam. Alguns trabalhos nesta área foram feitos por pesquisadores (Vitti et al., 1972; Figueiredo & Rego, 1973 e Carvalho et al., 1985), entretanto o número de cultivares a serem analisadas ainda é muito grande e o assunto carece de muito mais estudos.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo determinar os teores de alguns componentes químicos presentes nas folhas de dez diferentes cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, e observar se existe alguma relação entre estes teores e a tolerância ou não à seca, nas cultivares em estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), é uma das principais plantas úteis tropicais difundidas em todos os continentes.

Segundo Albuquerque (1969), existem diversas opiniões acerca do centro de origem desta espécie, entretanto a maioria dos botânicos e ecólogos consideram a mandioca uma planta americana, inclinando-se quase todos a admitir o sertão brasileiro, tendo o estado da Bahia no centro, como seu provável berço.

Atualmente, a mandioca é cultivada em todas as regiões tropicais do mundo, sendo que em várias delas, constitui-se a principal cultura de subsistência, servindo como principal fonte de carboidratos para mais de 500 milhões de pessoas em todo o mundo (Passos et al., 1994). No Brasil, a mandioca é um alimento de sustentação calórica da dieta de grande parte da população brasileira e que sempre fez parte da agricultura de subsistência, sendo que no Nordeste a mandioca fornece 25% do total calórico da dieta da população (Maciel, 1981).

Sua extradiordinária expansão se deve principalmente a idéia da facilidade de cultivo, aliada a capacidade que esta euforbiácea tem de adaptação a

diversas condições climáticas e de solo, e ainda, devido a suas múltiplas formas de aproveitamento, quer seja na alimentação humana ou animal (Figueiredo & Rego, 1973).

Muito já se tem estudado a mandioca quanto à sua riqueza em elementos nutritivos, sabendo-se hoje, que se considerada integralmente (raíz, haste e folha), ela é uma planta muito rica do ponto de vista alimentar (Albuquerque, 1969 e Figueiredo & Rego, 1973). Mas sua riqueza alimentar potencial, pouco tem sido aproveitada na maioria dos países que a cultivam. Isto porque apesar do conhecimento que hoje se possui acerca da disponibilidade quanto ao teor nutritivo dos produtos derivados da raíz e da parte aérea da planta, sua exploração continua sendo feita visando quase que totalmente os primeiros, o que quer dizer que a sua parte mais importante é a menos aproveitada (Albuquerque, 1969 e Figueiredo & Rego, 1973).

Segundo Carvalho (1983), apenas 20% do total de ramas produzidas numa área são aproveitadas para o replantio da mesma área, restando no campo 80% de um produto de grande valor alimentar para homens e animais, que não deveria ser desperdiçado. O desperdício deste material não é justificável principalmente numa época em que a deficiência nutricional (principalmente a protéica) tem sido um fator comprometedor da saúde da nossa população.

De acordo com Salgado & Santos (1986), aumentar o suprimento da proteína para o consumo humano tem sido a preocupação de muitos

pesquisadores, constituindo-se uma tarefa difícil principalmente se considerarmos as dificuldades na produção da proteína animal em termos econômicos e políticos. Portanto um aumento na produção e utilização das fontes de proteína vegetal está mais de acordo com a realidade. Os esforços mais recentes neste sentido, constituem em melhoramentos genéticos das fontes convencionais e a utilização de fontes não convencionais tais como folhas verdes e organismos unicelulares, sendo que, as folhas verdes tem merecido particular atenção devido ao baixo custo de produção e elevado valor nutritivo.

Dentre as folhas verdes, as folhas de mandioca se destacam por serem uma excelente fonte protéica, possuírem baixo custo de produção por serem consideradas resíduos de uma cultura de subsistência e amplamente adaptadas às nossas condições e também por não competirem com o principal produto comercial da cultura, que são as raízes. Somando-se a isso as folhas de mandioca são também ricas em vitamina A, C e em alguns minerais (Carvalho & Kato, 1987).

Segundo a maioria dos autores, o conteúdo protéico das folhas de mandioca no geral varia de 20 a 30% (Normanha, 1966; Albuquerque, 1969; Vitti et al., 1972 e Carvalho & Kato, 1987). É sabido também que as proteínas das folhas da mandioca apresentam boa qualidade ou seja, um bom perfil de aminoácidos essenciais, inclusive alguns deles, como a lisina, excedem o padrão de referência pela FAO. Entretanto as folhas de mandioca apresentam deficiência

em alguns aminoácidos sulfurados, principalmente a metionina (Salgado & Santos, 1986 e Carvalho & Kato, 1987).

Sabe-se que além de um bom teor de proteínas essas folhas encerram também razoáveis taxas de cálcio, fósforo, ferro e ainda vitaminas A (caroteno), B₁, B₂, C e niacina. Segundo Normanha (1966), as variações encontradas para os valores de alguns componentes por 100g de folhas frescas são: Cálcio- 100 a 210mg; Ferro- 2 a 3,5mg; Vitamina A- 9000 a 13000 U.I.; Tiamina (B₁)- 0,15 a 0,30mg; Riboflavina (B₂)- 0,25 a 0,43mg; Niacina- 0,85 a 3,53mg e Vitamina C- 100 a 320mg. Alguns destes valores foram posteriormente comprovados por Vitti et al. (1972).

A utilização não só das folhas, como também das ramas (preferencialmente o terço superior da parte aérea) de mandioca, como forragem, na alimentação animal, já vem sendo estudada por pesquisadores há muito tempo. Tudo indica que tenha sido Dutra (1889) o primeiro a escrever a esse respeito, citando em determinadas partes de sua obra que os animais domésticos comiam as folhas frescas ou fenadas da mandioca. Já Zehntner (1919) disse que os agricultores faziam pouco uso da parte aérea da mandioca no forrageamento, desperdiçando folhas e hastes, abandonando-as no campo. Ele destaca também que o farelo dessas partes produz melhores efeitos do que a cana-de-açúcar na alimentação do gado vacum.

Posteriormente Athanassof (1923), constatou que o teor de fibras do feno da PAM (parte aérea da mandioca) era bem menor do que o da cana-de-açúcar; Bangan (1950), em análises químicas das farinhas de folhas de mandioca, na Costa Rica, constatou o extraordinário valor nutritivo que representava esta matéria prima, pois seu teor de proteína revelou-se superior ao da farinha de folhas de alfafa. Já Enchandi (1952), comparou o feno da folha de mandioca com o feno de alfafa, concluindo ser o primeiro nutricionalmente superior por apresentar menores valores de fibras e maiores valores de proteínas e gorduras.

Murilo (1953) em experimento com vacas leiteiras comparou farinha de folhas de mandioca com farinha de folhas de alfafa, com o principal objetivo de verificar a digestibilidade destes materiais, bem como a existência ou não de algum inconveniente em seu uso contínuo na alimentação. Ele concluiu que a farinha de folhas de mandioca não causou nenhum transtorno ao organismo dos bovinos e que o seu uso em rações de vacas leiteiras, em substituição à farinha de alfafa, é economicamente viável.

A silagem da PAM é considerada de excelente qualidade para a alimentação animal, devido à sua elevada quantidade de carboidratos solúveis em água e bom teor de matéria seca, que são as duas principais características desejáveis para a silagem. Além disso esta silagem possui fermentação láctica e acética dentro dos padrões desejáveis e é isenta de fermentação butírica, o que lhe confere excelente qualidade (Carvalho et al., 1983).

Moore¹ citado por Carvalho (1983), afirma que bovinos adultos consomem por dia em torno de 5 Kg de matéria seca da PAM. O consumo deste material pode aumentar ou diminuir de acordo com o suprimento volumoso ou concentrado que se ofereça.

Hendershott², também citado por Carvalho (1983), em pesquisa realizada com suínos em crescimento e terminação, da oitava a trigéssima quarta semana, obteve bons resultados técnicos quando os alimentou com uma mistura de 75% de uma ração base, bem equilibrada, e 25% de PAM fresca. Todavia, os melhores resultados econômicos foram obtidos com 50% dessa ração base e 50% de PAM.

Mendes et al. (1974), trabalhando com feno de folhas de mandioca na alimentação de pintos, concluíram que as dietas com maior percentagem de farelo de feno, resultaram em maior ganho de peso e menor conversão alimentar das aves, além de possuir um custo inferior ao da ração comercial.

No que diz respeito a alimentação humana com folhas verdes de mandioca, Toledo (1969) afirma que a literatura sobre este assunto tem pouco a oferecer; em seguida relata trecho de um periódico americano que fala de uma pesquisa médica feita numa região pobre de Java onde a população alimentava-se basicamente de raízes de mandioca. Era de esperar que o resultado da pesquisa

1- MOORE, C. P. El uso de forraje en la alimentación de ruminantes. Trabajo presentado en el Seminario Internacional de Granadiera Tropical en Acapulco, México. 8-12 de marzo, 1976.

2- HENDERSHOTT, C. H. A literatura review and reseach recomendations on cassava. Athens: University of Georgia, 1972.

mostrasse estar tal população com várias deficiências nutricionais, no entanto tal efeito não ocorreu porque segundo constataram os pesquisadores, a população consumia diariamente também as folhas verdes da mandioca como verdura. Eles analisaram então tais folhas e concluíram que as deficiências não ocorreram porque estas folhas continham bons níveis de proteínas e vitaminas A e B.

Segundo Carvalho & Kato (1987), a deficiência protéica tem sido um dos fatores primordiais da desnutrição humana, principalmente nos países subdesenvolvidos. Essa deficiência pode ser atribuída ao alto preço das carnes e grãos (fontes convencionais de proteínas). A fim de solucionar parcialmente este problema, torna-se necessária a utilização de fontes alternativas deste nutriente, pela população de baixa renda, principalmente a população do campo.

Na Ásia e África, onde existem problemas muito semelhantes aos do Brasil em que a rusticidade e a facilidade do cultivo, afetando o incremento de outras culturas, restringe seriamente a diversificação, de há muito procura-se despertar o interesse do elemento nativo pelo aproveitamento em sua dieta alimentar dos brotos e folhas tenras da mandioca mansa, sob a forma de salada (Albuquerque, 1969).

Na África, segundo Normanha (1966), as folhas dessa planta são empregadas em vários países, no preparo de molhos e para serem ingeridas como verdura cozida, sendo quase de estarrecer a informação de que o consumo médio diário chega a ser de 100 a 500g per capita.

Lutaládio (1983), afirma que no Zaire folhas de mandioca são ingeridas como verdura e constituem importante fonte de proteínas, vitaminas e minerais para população. Similarmente, elas se tornaram um complemento alimentar substancial no Congo, Camarões, Guiné, Serra Leoa e outros onde já a algum tempo tem feito parte regularmente da dieta da população.

Apesar do seu alto valor nutricional, muito pouco tem sido feito em relação a um aproveitamento tecnológico das folhas de mandioca visando a alimentação humana, segundo Vitti et al. (1972).

Albuquerque (1969), afirma que dos inúmeros produtos culinários feitos à base de mandioca, quer sejam de origem indígena (americana), africana ou européia, apenas um que é obtido utilizando as folhas, a maniçoba, merece referência, pela sua difusão em boa parte da área amazônica. A maniçoba, segundo Normanha (1966) e Albuquerque (1969), é uma comida tipicamente amazônica, feita com folhas verdes de mandioca moidas e piladas, que são levadas a cozer por dois dias até formar uma pasta, a qual são acrescentados alimentos de origem animal e temperos, formando uma espécie de feijoada verde.

Outro alimento a base de folhas de mandioca vem sendo difundido no Brasil nos últimos anos, é a farinha de folhas que, segundo Motta et al. (1994), pelo seu elevado conteúdo de proteínas, vitaminas e minerais vem se constituindo em importante aditivo alimentar para crianças e adultos.

No Nordeste brasileiro, onde ocorre com maior frequência casos de anemia em crianças (falta de ferro), o uso de pequenas quantidades da farinha de folhas (uma colher de chá ao dia) tem sido o bastante para corrigir essa deficiência (Motta et al., 1994).

Apesar de ser um material alimentício altamente nutritivo, Pecknic et al. (1962), constataram uma certa deficiência nutritiva por parte das folhas de mandioca quando utilizadas na alimentação de pequenos animais, inclinando-se a admitir como causa a pobreza em lisina e metionina, ou seja, a deficiência quantitativa em suas proteínas de dois aminoácidos essenciais. Sua ação limitante ao que tudo indica, manifesta-se através da dificuldade quanto à digestibilidade. Rogers & Milner (1963), também registraram deficiências nutricionais em estudo semelhante feito com roedores, muito embora a taxa de lisina encontrada nas folhas de mandioca fossem boas, sendo baixa somente a de metionina.

Salgado & Santos (1986), também analisaram o valor nutritivo das folhas de mandioca, só que neste caso, suplementadas com os aminoácidos lisina e metionina. Os resultados do ensaio biológico feito com roedores alimentados com a folha suplementada com os aminoácidos limitantes, mostraram maiores valores de taxa de eficiência protéica (PER), taxa de proteína líquida (NPU) e digestibilidade. Faruso & Oke (1976) afirmam que a digestibilidade da folha de mandioca varia de 55,8 a 60,9%.

Um dos fatores que limitam a utilização das folhas verdes de mandioca tanto na alimentação animal como humana, é o alto teor do glicosídeo cianogênico aí contido, conhecido como linamarina, lotraustalina e outros, que é superior ao das raízes (Albuquerque, 1969 e Carvalho, 1983). Porém, a possibilidade de intoxicação quando se utiliza a folha cozida, fenada, em forma de farelos e até de farinhas, é mínima, uma vez que, segundo Normanha (1966) e Carvalho (1983), nas etapas de cozimento, trituração, secagem e moagem a enzima linamarase entra em contato com o glicosídeo cianogênico, liberando o ácido cianídrico (HCN), o qual é volatilizado, ficando em concentrações, em muitos casos, abaixo dos níveis tóxicos no material processado. Em trabalho realizado por Carvalho et al. (1983), verificou-se que o processo de silagem diminuiu em 65% o teor de HCN da PAM.

O nível de toxidez para os animais, segundo Carvalho (1983), é superior a 50 mg HCN.kg⁻¹ de folha fresca, enquanto que para o homem, o teor de HCN tóxico gira em torno de 60mg/adulto (Merck, 1983). Entretanto, segundo Vitti et al. (1972), um tratamento de fervura no material durante 15 minutos, é suficiente para diminuir consideravelmente sua toxicidade.

Motta et al. (1994) afirma que embora não se tenha conhecimento da intoxicação de pessoas que utilizaram a farinha de folha resultante da secagem de folhas inteiras à sombra, o método de processamento antes da secagem representa mais segurança para o seu uso na alimentação humana. Segundo o

autor, o método de processamento consiste em triturar as folhas antes da secagem, diminuindo assim o teor de HCN em até 90% na farinha de folha, quando comparada com a folha triturada após a secagem.

No entanto a maior limitação para o uso das folhas de mandioca como fonte de alimentação alternativa, consiste na grande variação da composição química nas diferentes cultivares de mandioca.

Segundo Carvalho & Kato (1987), a composição química das folhas de mandioca sofrem influência varietal, da idade, do clima, do solo, das condições nutricionais e da água entre outros.

É conhecido existirem entre variedades de uma mesma espécie vegetal diferenças na composição química que permite selecioná-las de acordo com a finalidade a que se destinam, ou seja, consumo "in natura", industrialização, produção de rações e alimentos destinados ao consumo humano (Carvalho & Kato, 1987).

Em trabalho de seleção de cultivares de mandioca quanto a composição química da PAM para alimentação humana, Vitti et al. (1972) observou entre as cultivares analisadas, que as cultivares "Guaxupé" apresentavam maior teor vitamínico, protéico e menor teor de HCN, sendo portanto as mais recomendadas para o preparo de sopas ou farinhas para alimentação humana.

Jesus (1985), analisando o teor de proteína bruta na matéria seca do limbo das folhas de mandioca, observou que houve alterações neste teor, tanto associado às diferentes cultivares quanto às diferentes idades. O autor afirma que embora tenha havido diferenças entre as cultivares, a idade não provocou alterações no teor de HCN da matéria seca das folhas das cultivares de mandioca analisadas.

Segundo Peluzio (1993), Ravindran & Ravindran¹ analisando a composição nutricional da folha de mandioca notaram algumas variações nestas quando eram separadas de acordo com o estágio de maturidade. Eles verificaram que com a maturidade crescem os teores de proteínas, carboidratos, minerais (como K, Mg, P, Zn, Mn e também Ca, Na e Fe) e fibras, e diminuem a concentração de alguns aminoácidos essenciais enquanto aumenta a de outros.

Em trabalho realizado por Carvalho (1985), foram estudadas as concentrações de alguns componentes químicos de feno da PAM obtidos em diferentes épocas (idades da planta). Observou-se que o feno do material colhido no oitavo mês era pobre em proteína e rico em amido. Isto ocorre porque neste período a planta se encontra no início da fase de repouso: fase em que a planta tende a perder suas folhas, mantendo apenas a translocação de amido para as hastes e raízes (Gutierrez & Lorenzi, 1980). Já o feno do material colhido no nono mês, é um feno rico em proteínas, isto porque este período coincide

1- RAVINDRAN, G. & RAVINDRAN, V. Changes in the nutritional composition of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) leaves during maturity. *F. Chemical*, v.27, p. 299-309, 1988.

justamente com a fase de desenvolvimento máximo de folhas no segundo ciclo da planta, onde a fotossíntese é máxima.

As condições climáticas podem também interferir muito na composição química das folhas de mandioca. Segundo Gutierrez & Lorenzi (1980), existe uma relação inversa entre a concentração de proteínas nas folhas e nas hastes de mandioca, durante a estação seca (inverno) e a chuvosa (verão). No inverno, durante a queda das folhas da mandioca, período de repouso fisiológico, há uma drástica redução no teor da proteína foliar. A perda do nitrogênio protéico está associado com a translocação de aminoácidos das folhas para as hastes e raízes, inversamente, no verão, quando a planta está totalmente enfolhada, o conteúdo de proteína é muito elevado nas folhas e baixo nas hastes.

Segundo Albuquerque (1969), nos climas quentes, principalmente nos trópicos úmidos, observa-se uma tendência para a diminuição da toxidez cianogênica das plantas de mandioca, ao contrário do que é observado nas regiões frias. Nota-se ainda que os cultivares transportados de zonas mais ou menos secas para outras de grande precipitação pluviométrica registram, em geral, um sensível decréscimo do princípio tóxico.

O solo é outro fator que influencia na composição das folhas de mandioca. Segundo Malavolta et al. (1989) a solução do solo é uma população altamente heterogênea de íons, por este motivo, a velocidade de absorção e o

transporte de um elemento pela planta, pode ser aumentada, diminuída, ou não ser influenciada pela presença de outros elementos no meio.

Segundo Albuquerque (1969), a transferência de plantas de mandioca de solos ricos em sais, de alta pressão osmótica e pouca umidade para solos muito úmidos, de pouco teor de sais e baixa pressão osmótica, geralmente determina a diminuição da toxidez cianogênica.

Deficiências nutricionais que provoquem a redução da área foliar na mandioca, terão efeitos bastante significativos na composição química das folhas de mandioca, pois serão responsáveis pela diminuição no teor de alguns nutrientes que se encontram mais nas folhas, como: proteínas, β -caroteno e fósforo (Carvalho & Kato, 1987).

Segundo vários autores a cultura da mandioca não é muito exigente em água e, por isso mesmo, parece adaptar-se bem a diferentes regimes climáticos. Entretanto, a produção é geralmente aumentada quando há uma distribuição uniforme de chuvas durante o ano, enquanto que sob condição de déficit hídrico prolongado foi observada uma redução na produção (Alvarenga et al., 1983).

Normanha (1976) afirma que na região nordestina, onde se encontram as maiores áreas cultivadas de mandioca, o baixo potencial hídrico do solo, durante o maior período do ano, é normalmente o fator limitante da produção. Sob o ponto de vista econômico, a resistência à seca é fator decisivo e

limitante no desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, da produção vegetal (Alvarenga et al., 1983).

No complexo estudo dos mecanismos de resistência à seca das plantas superiores, torna-se difícil definir se o mecanismo de resistência envolvido é por tolerância ou por prevenção. Segundo Levitt (1972), algumas espécies previnem a perda de água mediante uma maior sensibilidade estomática (espécies preventivas), enquanto outras são capazes de permanecer fotossintetizando mesmo quando ocorre uma acentuada redução em seu conteúdo hídrico (espécies tolerantes).

Geralmente, a sobrevivência das plantas a longos períodos de seca é atribuída, principalmente, à prevenção. Em muitos casos entretanto, a ausência do mecanismo de prevenção promove o desenvolvimento do mecanismo de tolerância (Alvarenga et al., 1983). Segundo Rocha (1976), existe uma grande variabilidade quanto ao grau de tolerância entre as várias espécies tropicais e até mesmo, entre as cultivares de uma mesma espécie. Ele afirma que a mandioca é uma planta resistente a seca e que seu principal sistema de defesa é uma alta resistência estomática.

Em trabalho feito por Alvarenga et al., (1983), onde eles tentavam selecionar cultivares de mandioca resistentes ao estresse hídrico, eles concluíram que a planta é uma espécie de razoável tolerância à seca, apesar de haver

diferenças significativas entre cultivares, quanto ao grau de tolerância a desidratação de suas folhas.

Analizando quatro cultivares de mandioca, em condições de deficiência hídrica, Coêlho (1980) observou que, apesar das cultivares se diferenciarem na intensidade de prevenção, todas previniam a perda de água em condições de turgescência, com exceção da cultivar "Gigante Branca" que, demonstrou uma certa tolerância ao déficit hídrico ao manter seus estômatos abertos até o teor relativo de água cair a 80%.

Segundo Coêlho (1980), vários autores têm encontrado que a alta resistência estomática das células das folhas de mandioca é resultado do controle bioquímico da abertura estomática. Eles observaram que o déficit hídrico nas folhas induzia uma duplicação da produção endógena de ácido abscísico (ABA) que, naturalmente, poderia promover o fechamento dos estômatos como um sistema de defesa das plantas, contra a excessiva perda de água.

O ajustamento osmótico, característica importante de plantas de ambientes áridos, é definido como a acumulação de solutos osmoticamente ativos nos tecidos foliares durante o déficit hídrico. Com isso o potencial osmótico é reduzido cocomitantemente com o potencial hídrico foliar, para manter completa ou parcialmente a turgescência foliar (Turner, 1990). Por isso, um estresse hídrico é normalmente acompanhado de um aumento no nível de compostos de baixo peso molecular, como açúcares solúveis e aminoácidos.

Cairo (1992), estudando algumas espécies florestais observou que o teor de açúcares redutores, na maioria das espécies, aumentou quando estas foram submetidas a condições de déficit hídrico. Então se o estresse hídrico desenvolve-se lentamente, o ajuste osmótico parece ser o principal regulador do mecanismo estomático, permitindo que os estômatos permaneçam parcialmente abertos a um potencial hídrico foliar progressivamente menor (Ludlow & Muchow, 1990).

Além de alterar o conteúdo do ABA, dos açúcares redutores e dos aminoácidos, nas células estomáticas, o déficit hídrico pode alterar também o conteúdo de outros componentes químicos nas células das folhas de plantas como a mandioca, durante o processo de aclimação às condições de estresse hídrico. Alterações estas que podem ter tornado umas cultivares de mandioca mais tolerantes à seca do que outras.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental deste trabalho foi realizada no laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, São Paulo.

O material analisado constituiu-se de folhas verdes de mandioca, previamente desidratadas (em estufa de circulação de ar forçado, a 65°C, durante 48h), trituradas (o tamanho das partículas variou de 0,105 a 0,25mm) e acondicionadas em sacos plásticos; provenientes de dez cultivares diferentes, sendo cinco tolerantes (Banco de Germoplasma de Mandioca 538, 076, 537, 1468 e 1269) e cinco suscetíveis (BGM 958, 966, 967, 1183 e 1192) ao estresse hídrico. Este material foi cedido pelo Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura da EMBRAPA, localizado na cidade de Cruz das Almas, Bahia.

De cada cultivar foram analisadas três amostras, e em cada amostra analisados os seguintes compostos químicos:

3.1. Teor de açúcares redutores (A.R.)

Na quantificação do teor de A.R. nas folhas de mandioca, 2g da amostra foram submetidas ao refluxo juntamente com água destilada durante 30 minutos a uma temperatura de ebulição, depois filtrada e seu volume completado

até 100ml com água destilada. Uma alíquota desta solução foi diluída em água destilada na proporção de 1:10 e a determinação do A.R. feita pelo método colorimétrico de Somogyi-Nelson, descrito por Zago et al. (1989).

3.2. Teor de ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico foi feita segundo o método volumétrico descrito por Jacobs (1958). Este método baseia-se na redução do indicador 2,6-diclorobenzenoindofenol de cor azul para um produto incolor pelo ácido ascórbico (vitamina C). Para se evitar a perda da vitamina C, a extração das amostras foi feita com solução de ácido oxálico 0,4%.

3.3. Teor de ácido cianídrico (HCN)

A determinação do ácido cianídrico, presente nas folhas de mandioca, foi feita segundo Treadwell (1934), após maceração com ácido tartárico durante 24 horas conforme utilizado por Lorenzi et al. (1978).

3.4. Teor de oxalato total

Determinou-se o teor de oxalato nas folhas de mandioca por titulometria, segundo Moir (1953).

3.5. Teor de minerais

3.5.1. Extração e determinação do fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe) e zinco (Zn)

Para a determinação do P, K, Ca, Mg, Fe e Zn, nas folhas de mandioca, foi utilizado um extrato obtido através de uma digestão nitroperclórica.

Nesta digestão, 1g da amostra foi digerida lentamente (50°C) com 10ml de ácido nítrico concentrado, até a digestão parcial da amostra, e depois digerida mais rapidamente (75°C a 100°C) com 10ml de ácido perclórico concentrado, até o material ficar incolor. Este material foi então diluído em água destilada e seu volume completado a 50ml, obtendo-se assim o extrato nitroperclórico.

3.5.1.1. Teor de fósforo

Na determinação do fósforo, uma alíquota deste extrato foi diluída em água destilada na proporção de 2,5:10, e o teor de fósforo determinado pelo método colorimétrico do Metavadanato-Molibdato, descrito por Zago et al. (1989).

3.5.1.2. Teor de potássio

Na determinação do potássio, uma alíquota do extrato nitroperclórico foi diluída em água destilada na proporção de 1:8, e o teor de potássio aí presente foi determinado por Fotometria de Chama, descrita por Zago et al. (1989).

3.5.1.3. Teores de cálcio, magnésio, ferro e zinco

A determinação dos teores de Ca, Mg, Fe e Zn, nas folhas de mandioca, foram feitas pelo laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Química da ESALQ.

Na determinação dos teores de cada um destes minerais, utilizou-se os métodos de Espectrofotometria de Absorção Atômica, indicados para cada um destes elementos, segundo Sarruge & Haag (1974). Utilizou-se também para estas determinações, alíquotas do extrato nitroperclórico.

Uma pequena modificação ocorreu na determinação do Ca, a substituição do cloreto de estrôncio, anteriormente usado para retirar os interferentes, pelo óxido de lantânio.

3.6. Teor de proteína bruta

Para determinação da proteína bruta, 100mg da amostra foram digeridas por uma mistura composta por peróxido de hidrogênio (água oxigenada) e ácido sulfúrico, em bloco digestor macro-Kjeldahl a 350°C por aproximadamente 3 horas. Em seguida, o material digerido foi diluído em água destilada e uma alíquota desta solução utilizada para determinação do nitrogênio total, pelo método MicroKjeldahl, descrito por Zago et al. (1989).

Após a determinação do nitrogênio total pelo método acima citado, foi calculado o teor de proteína bruta multiplicando-se os valores encontrados para nitrogênio pelo fator de conversão 6,25.

3.7. Análise estatística dos dados

O experimento foi conduzido através de um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições, e a fonte de variação, cultivares, foi desdobrada da seguinte forma: variação entre as cultivares

tolerantes; variação entre as cultivares suscetíveis e variação tolerantes vs. suscetíveis.

Os dados foram analisados pelo teste F da análise da variância a 5% de probabilidade. Quando necessário, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, ao mesmo nível de significância (Gomes, 1990).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teor de proteína bruta (P.B.)

As porcentagens médias de proteína bruta existentes nas folhas desidratadas das cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico analisadas estão presentes nas tabela 1 e 2 respectivamente.

Comparando-se os teores médios de P.B. nas folhas das cinco cultivares tolerantes, verificou-se que não houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as cultivares BGM 538, 076 e 537. Entretanto, a cultivar BGM 1269 apresentou teor de P.B. significativamente inferior as demais, com exceção da cultivar BGM 1468 que não diferiu significativamente de nenhum das cultivares (tabela 1).

Já nas cinco cultivares suscetíveis ao estresse hídrico analisadas não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores médios de P.B. contido nas folhas de cada cultivar (tabela 2). Ao se comparar, entretanto, os teores médios de P.B. entre as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, apresentados na tabela 3, concluiu-se que nas cultivares tolerantes o teor de P.B. nas folhas foi significativamente ($P < 0,05$) maior que nas cultivares suscetíveis.

TABELA 1- Teores de proteína bruta (P.B.), fósforo e potássio das folhas de cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	P.B. (g.Kg ⁻¹)	Fósforo (mg.Kg ⁻¹)	Potássio (g.Kg ⁻¹)
BGM 538	191,63 A *	1638 B	9,13 B
BGM 076	185,50 A	1851 A	11,00 A
BGM 537	190,44 A	1583 B	9,67 B
BGM 1468	172,69 AB	1589 B	9,00 B
BGM 1269	154,56 B	1466 C	7,73 C
C.V. (%)	4,98	2,42	4,63

(*) Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os teores de P.B. nas folhas das dez cultivares de mandioca analisadas variou de 136,94 a 191,63 g.Kg⁻¹. Teores estes, semelhantes aos encontrados por Albuquerque (1969); Figueiredo & Rego (1973) e Montaldo (1991), e inferiores aos encontrados por Vitti et al. (1972); Jesus (1985) e Salgado & Santos (1986). Estes resultados servem para confirmar que a composição química da mandioca sofre grande influência varietal, segundo Carvalho & Kato (1987).

Analisando fenos de folhas de mandioca, Mendes et al. (1974) e Carvalho et al. (1985) encontraram valores de P.B. superiores aos encontrados

neste trabalho. Neste caso, entretanto, a diferença entre estes teores pode ser consequência não somente de uma diferença varietal, mas também dos diferentes processos de desidratação das folhas. Teores de P.B. semelhantes e inferiores aos encontrados neste trabalho, foram observados por Albuquerque (1969); Corrêa (1972) e Carvalho et al (1983). Porém, estes autores não analisaram só as folhas, mas toda a parte aérea da mandioca sendo portanto, bem provável, que estes teores mais baixos se devam não somente à diferença varietal, mas principalmente ao fato de nas hastes o teor de P.B. ser menor que nas folhas, segundo Carvalho & Kato (1987).

Além da influência varietal, outro fator que influencia bastante a composição química das folhas de mandioca é o déficit hídrico. Segundo Coêlho (1980) muitas espécies vegetais, quando submetidas a déficits hídricos crescentes, provavelmente, apresentem uma acentuada inibição na expansão celular, com posterior fechamento estomático, acarretando uma redução na assimilação do CO₂, na atividade fotossintética e na taxa de crescimento, o que levaria a uma diminuição da área foliar e, conseqüentemente, da produtividade.

Segundo Zelitch (1971), este comportamento dos estômatos constitui uma resposta das plantas no sentido de prevenir a perda de água. Levitt (1972), afirma que algumas espécies previnem a perda de água mediante uma maior sensibilidade estomática (espécies preventivas), enquanto que outras são

capazes de permanecer fotossintetizando, mesmo quando ocorre uma acentuada redução em seu conteúdo hídrico (espécies tolerantes).

Alvarenga et al. (1983), concluiu que a mandioca apresenta uma razoável tolerância à seca, apesar de existirem diferenças significativas entre cultivares, quanto ao grau de tolerância à desidratação de suas folhas.

Analisando quatro cultivares de mandioca em condições de deficiência hídrica, Coêlho (1980) observou que cada cultivar apresentava algum mecanismo para suportar a deficiência hídrica e que estes mecanismos é que conferiam a elas uma maior ou menor resistência ao estresse hídrico. Ele concluiu então que apesar das cultivares se diferenciarem na intensidade de prevenção todas preveniam a perda de água em condições de turgescência, com exceção do cultivar “Gigante Branca” que demonstrou uma certa tolerância ao déficit hídrico ao manter seus estômatos abertos até o teor relativo de água cair a 80%.

Se considerarmos o ponto de vista de Levitt (1972) e Coêlho (1980), supondo que as cultivares de mandioca analisadas estivessem em condições de estresse hídrico, poderíamos dizer que as cultivares tolerantes mesmo com uma acentuada redução no seu conteúdo hídrico conseguem manter seus estômatos abertos por mais tempo e com isso mantêm normal ou pouco alterado o fluxo de água e nutrientes (N) para as folhas (através da transpiração), bem como a taxa fotossintética e a síntese protéica, evitando assim a diminuição da área foliar. Nestas condições seria, portanto, normal que o conteúdo de P.B. nas folhas das

cultivares tolerantes fosse significativamente maior do que nas cultivares suscetíveis, que sob condições de estresse hídrico, fecham logo seus estômatos para prevenir a perda de água . A diferença significativa nos teores de P.B. entre as cultivares tolerantes poderia significar diferentes graus de tolerância destas plantas ao estresse hídrico.

O conteúdo de P.B. contido nas folhas das dez cultivares de mandioca analisadas foi maior ou igual ao teor de P.B. citados por Mitidieri (1983), nas diversas gramíneas utilizadas como forragem para alimentação animal. Porém, inferior ao farelo de soja que contém de 470 a 500 g.Kg⁻¹ de P.B., segundo D'arce et al. (1983), a depender da variedade.

Comparado com o milho (60 a 80 g.Kg⁻¹ de P.B., segundo Figueiredo & Rego, 1973), principal produto utilizado para silagem, o conteúdo de P.B. nas folhas das cultivares de mandioca analisadas é bem maior e sua silagem de excelente qualidade, além de ser mais barata que a silagem do milho (Carvalho et al., 1983).

A alfafa que é considerada uma excelente fonte de P.B. para alimentação animal apresenta teores médios de P.B. em torno de 180 g.Kg⁻¹, segundo Montaldo (1991). Valor este, semelhante ao valor médio encontrado nas cultivares tolerantes ao estresse hídrico e um pouco superior ao encontrado nas cultivares suscetíveis analisadas.

A necessidade diária de proteína é de 56g/adulto, segundo Lehninger (1990).

O conteúdo de P.B. encontrado nas folhas das dez cultivares de mandioca analisadas foi considerado menor que o teor protéico da soja (crua ou na forma de farinha industrializada), principal fonte de proteína vegetal para alimentação humana. Entretanto, semelhante ao teor protéico das carnes in natura (frango, porco e bovino), principais fontes de proteína animal, segundo Franco (1992).

Neste trabalho não foram analisados aspectos de digestibilidade, valor biológico e conteúdo de aminoácidos das proteínas, por isso, não foi possível fazer qualquer referência à qualidade das proteínas destas cultivares de mandioca.

4.2. Teor de fósforo (P)

Comparando os valores médios de fósforo entre as cultivares tolerantes pode-se dizer que o teor de fósforo na cultivar BGM 076 foi significativamente ($P < 0,05$) maior que em todas as outras cultivares; que as cultivares BGM 538, 537 e 1468 não diferiram significativamente entre si e que o teor de P na cultivar BGM 1269 foi significativamente inferior aos demais (tabela 1)

Entre as cultivares suscetíveis os teores médios de fósforo nas folhas das cultivares BGM 958, 966 e 967 não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) entre

si, mas foram significativamente maiores do que os teores de fósforo das cultivares BGM 1183 e 1192. Estas últimas também não apresentaram diferença estatística entre si (tabela 2).

Na tabela 3, comparou-se o teor médio de fósforo contido nas folhas desidratadas das cultivares tolerantes com as cultivares suscetíveis ao estresse hídrico, e concluiu-se que nas cultivares tolerantes o teor de fósforo é significativamente ($P < 0,05$) maior que nas cultivares suscetíveis.

O fósforo, presente na solução do solo na forma iônica, é absorvido junto com a água pelas raízes e transportado pelo xilema até a parte aérea da planta (acumulando-se mais nas folhas, segundo Lorenzi, 1978) pela diferença de potencial hídrico criada durante o processo de transpiração. Portanto, é de se esperar que quando as plantas fecham seus estômatos, diminuindo assim a transpiração, o fluxo de água e de fósforo para as folhas também diminuam.

Kriedmann (1971) trabalhando com citros, observou que mesmo um moderado fechamento estomático é capaz de promover redução na transpiração sugerindo ocorrer um alto controle estomático sobre a perda de água. Coêlho (1980) observou que em cultivares de mandioca baixos níveis de transpiração parecem estar relacionados à resistência estomática elevada e a alta sensibilidade estomática das plantas. Em girassol, Ehrler & Van Bavel (1968), detectaram elevada taxa transpiratória em consequência de valores de resistência estomática significativamente baixos.

Com base no que foi descrito, supondo que as cultivares de mandioca estudadas estivessem em condições de estresse hídrico, seria natural que as plantas tolerantes ao estresse hídrico, por conseguirem manter seus estômatos abertos mesmo a uma acentuada diminuição no seu conteúdo hídrico (segundo Levitt, 1972 e Coêlho, 1980) não tivessem uma alta redução em sua taxa transpiratória mantendo assim pouco alterado o fluxo de água e nutrientes para suas folhas. Sendo assim, o teor médio de fósforo encontrado nas folhas das cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico seria significativamente maior que nas cultivares suscetíveis.

Neste caso, entre as cultivares tolerantes, aquelas que apresentassem maiores teores de fósforo em suas folhas seriam, provavelmente, as que conseguem manter seus estômatos abertos por mais tempo. Enquanto que a diferença significativa entre os teores de fósforo nas folhas das cultivares suscetíveis seria, provavelmente, consequência dos diferentes graus de resistência estomática.

O Fósforo absorvido pelas raízes na forma mineral é rapidamente incorporado a compostos orgânicos. Sua absorção é fortemente influenciada pela concentração de Mg^{+2} no meio, o efeito é sinérgico, porque o Mg funciona como um carregador de fósforo (na reação de fosforilação). O transporte do P no xilema se faz principalmente na forma $H_2PO_4^-$. Altas concentrações de Fe, Zn, Ca

e pH pouco ácido podem determinar a precipitação do P inorgânico nos vasos do xilema. A redistribuição do P pelo floema é das mais rápidas (Malavolta, 1980).

Pelos resultados da tabela 3, observa-se que provavelmente o efeito sinérgico do Mg sobre a absorção do P não ocorreu (pois apesar da diferença entre os teores de Mg nas cultivares tolerantes e suscetíveis não ter sido significativa, eles foram maiores nas cultivares suscetíveis, enquanto que os teores de P foram maiores nas cultivares tolerantes). Já os teores de Fe e Ca (apesar de não apresentarem diferença significativa) foram maiores nas cultivares suscetíveis do que nas tolerantes (ao contrário do P), portanto eles podem perfeitamente ter favorecido a precipitação do P nos vasos do xilema das cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico.

Os teores médios de fósforo encontrado nas folhas das dez cultivares de mandioca estudadas variou de 1197 a 1851 mg.Kg⁻¹. Estes teores se encontram bem abaixo do nível crítico de fósforo para mandioca que é de 4400 mg.Kg⁻¹ (Howeler, 1984), sendo consideradas portanto como plantas deficientes em fósforo.

Lorenzi (1978), afirma que a quantidade máxima de fósforo acumulado pela mandioca é pequena em relação a outros nutrientes, no entanto ele é fator limitante da produção. Segundo um resumo de vários autores sobre o conteúdo de fósforo nas folhas de mandioca, feito por Lorenzi (1978), este varia de 1900 a 4000 mg.Kg⁻¹.

Quando comparados com os dados da literatura, os teores de fósforo nas folhas das dez cultivares analisadas se mostraram semelhantes aos teores encontrados por Carvalho et al. (1983), analisando a silagem da parte aérea da mandioca e também por Carvalho (1983), trabalhando com folhas desidratadas ao sol. Já valores bem maiores foram obtidos por Camargos (1990), analisando folhas; por Carvalho et al. (1986) e Montaldo (1991), trabalhando com feno de folhas e por Pechnik et al. (1962) trabalhando com farinha de folha de mandioca crua e cozida.

O fósforo é um nutriente essencial aos homens e animais por fazer parte da composição dos ossos, dos ácidos nucléicos, de coenzimas e do processo de conversão de energia. Sua necessidade diária está em torno de 800 a 1200 mg/adulto (Lehninger, 1991).

Segundo Euclides & Euclides Filho (1981), tanto a folha de mandioca in natura como a seca são pobres em fósforo quando comparadas com o milho e o sorgo, amplamente utilizados na alimentação animal.

O teor médio de fósforo presente nas folhas das dez cultivares de mandioca estudadas foi considerado razoável, chegando em algumas cultivares (BGM 076 e 538) a valores de fósforo não muito inferiores ao encontrado no feijão (fonte tradicional deste elemento) por Sá (1989).

4.3. Teor de potássio (K)

O conteúdo de potássio presente nas folhas desidratadas das cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico, estudadas, foi significativamente ($P < 0,05$) maior na cultivar BGM 076; não houve diferença significativa entre os teores de K nas cultivares BGM 538, 537 e 1468 e na cultivar BGM 1269 o teor de potássio foi significativamente menor que em todas as demais cultivares (tabela 1).

TABELA 2- Teores de proteína bruta (P.B.), fósforo e potássio das folhas de cinco cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	P.B. (g.Kg ⁻¹)	Fósforo (mg.Kg ⁻¹)	Potássio (g.Kg ⁻¹)
BGM 958	161,00 a **	1444 A *	9,50 A
BGM 966	158,94 a	1414 A	8,07 BC
BGM 967	156,62 a	1415 A	6,00 D
BGM 1183	136,94 a	1197 B	7,20 C
BGM 1192	171,81 a	1263 B	8,73 AB
C.V. (%)	4,98	2,42	4,63

(*) Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Nas cultivares suscetíveis ao estresse hídrico, analisadas, o teor de K em suas folhas foi significativamente ($P < 0,05$) maior na cultivar BGM 958, apesar desta não se diferenciar estatisticamente da cultivar BGM 1192. Já a cultivar BGM 967 apresentou o menor teor de potássio, se diferenciando significativamente de todas as demais cultivares (tabela 2). O segundo menor teor de K foi encontrado na cultivar BGM 1183, apesar desta não ter se diferido estatisticamente da cultivar BGM 966; esta segunda por sua vez também não se diferenciou significativamente da cultivar BGM 1192.

TABELA 3- Comparação entre as cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, quanto aos teores de proteína bruta (P.B.), fósforo, potássio, magnésio (Mg), ferro e zinco em suas folhas desidratadas (média de quinze plantas).

Cultivares	P.B. (g.Kg ⁻¹)	Fósforo (mg.Kg ⁻¹)	Potássio (g.Kg ⁻¹)	Magnésio (g.Kg ⁻¹)	Ferro (mg.Kg ⁻¹)	Zinco (mg.Kg ⁻¹)
Tolerantes	178,96 a	1625,4 a	9,31 a	5,17 a**	199,20 a	54,00 a
suscetíveis	157,06 b	1346,6 b	7,90 b	6,06 a	224,93 a	42,20 b
C.V. (%)	4,98	2,42	4,63	13,88	21,52	12,12

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Quando foram comparados os teores de K entre as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico (tabela 3), concluiu-se que as cultivares

tolerantes apresentavam teores de K significativamente maiores, em suas folhas, do que as cultivares suscetíveis.

Os teores de potássio encontrados nas folhas das dez cultivares de mandioca estudadas, variou de 6,0 a 11,0 g.Kg⁻¹. Teores estes inferiores aos encontrados por Montaldo (1991), na matéria seca de folhas de mandioca; por Camargos (1990), analisando folhas de dez cultivares de mandioca; pelo CIAT (1975), em lâminas foliares de mandioca em diferentes épocas do ciclo e por Montaldo (1979), analisando folhas de mandioca recém-maduras. Já valores de K semelhantes e superiores aos deste trabalho, foram encontrados por Lorenzi (1978), num resumo de vários autores sobre o teor de K nas folhas de mandioca em diversas épocas e pelo CIAT (1974), estudando folhas de mandioca.

O conteúdo crítico para o K foliar em mandioca, segundo Howeler (1984), é de 12,0 g.Kg⁻¹.

De acordo com o autor acima, pode-se concluir que as folhas das cultivares de mandioca, analisadas, são pobres em K, ficando abaixo do nível crítico para esta cultura.

Segundo Lorenzi (1978) o K é em média o nutriente mais absorvido pela mandioca, logo após o nitrogênio. Ele é absorvido na forma iônica K⁺ pelas raízes, sendo facilmente translocado pelo xilema e floema para todos os órgãos da planta (75% do K na planta se encontra na forma solúvel), segundo Malavolta (1980).

Entretanto, de acordo com Howeler (1984), o conteúdo de K é maior nas folhas que nos talos e raízes de mandioca. Isto porque, nas folhas o potássio têm a principal função da abertura e fechamento estomático, onde o K^+ junto com a luz são responsáveis pela abertura dos estômatos. Faltando K^+ os estômatos não se abrem regularmente, há menor entrada de gás carbônico, e portanto menor atividade fotossintética (Malavolta, 1980).

Segundo o autor acima citado, o K também têm a função de regular a turgidez do tecido, pois a quantidade de água que pode ser armazenada no tecido depende do suprimento celular de K^+ . Assim, com o aumento dos níveis de K as células aumentam o teor de água, criando condições favoráveis para a fotossíntese e outros processos metabólicos.

As plantas bem supridas de K usam a água melhor que as deficientes, a quantidade d'água necessária para produzir uma unidade de matéria seca, dentro de limites, é tanto menor quanto maior o suprimento de potássio. Isto faz com que as plantas supridas de K tolerem mais a seca (plantas mais tolerantes) do que as deficientes neste nutriente (Malavolta, 1980).

Estas afirmações acima, puderam ser observadas neste trabalho, onde os resultados da tabela 3 mostraram que o teor de K nas folhas das cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico foi significativamente maior do que nas cultivares suscetíveis.

Outro fator que pode ter afetado a concentração de K^+ nas cultivares de mandioca estudadas, são as altas concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} , que determinam a menor absorção do K^+ , provavelmente por inibição competitiva (Malavolta, 1980). Nas cultivares suscetíveis, onde o conteúdo de Ca^{+2} e Mg^{+2} foi maior, as concentrações de K^+ foram menores, enquanto que nas cultivares tolerantes ao estresse hídrico, ocorreu o contrário.

O potássio está presente em amplas quantidades na maioria dos alimentos, sendo que uma dieta normal têm as quantidades de K necessárias ao organismo. Portanto a deficiência direta deste elemento é rara, sendo mais comum, neste caso, o desequilíbrio nutricional (Lehninger, 1991 e Sá, 1989).

Segundo estes autores acima, o K^+ é essencial à vida, sendo o principal cátion intracelular, e contribuindo imersamente na regulação da água, do balanço eletrolítico e do balanço ácido-base no organismo.

A necessidade diária de potássio para um homem adulto varia de 2 a 5 mg, segundo Sá (1989).

Se comparadas ao suco de tomate, as frutas cítricas e a banana (alimentos especialmente ricos em K, segundo Salgado & Brazaca, 1995), as folhas das cultivares de mandioca analisadas foram consideradas bem mais ricas neste nutriente.

4.4. Teor de magnésio (Mg)

Ao se analisar o teor de magnésio nas folhas das cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico, observou-se que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre elas (tabela 4). O mesmo ocorreu com as cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico (tabela 5).

TABELA 4- Teores de magnésio, ferro e zinco das folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	Magnésio (g.Kg ⁻¹)	Ferro (mg.Kg ⁻¹)	Zinco (mg.Kg ⁻¹)
BGM 538	4,77 a **	222,3 a	39,00 C *
BGM 076	5,13 a	171,7 a	58,67 AB
BGM 537	4,83 a	200,3 a	44,67 BC
BGM 1468	5,77 a	239,7 a	68,00 A
BGM 1269	5,37 a	162,0 a	59,67 A
C.V. (%)	13,88	21,52	12,12

(*) Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5%.

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Comparando as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, observa-se, também, que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre

os teores de Mg em suas folhas, apesar do teor de Mg nas cultivares tolerantes ter sido aparentemente menor do que nas suscetíveis (tabela 3).

Os teores de magnésio nas cultivares de mandioca, analisadas, variou de 4,77 a 6,80 g.Kg⁻¹. Teores estes superiores aos encontrados por Montaldo (1991), analisando as folhas secas de mandioca; por Paula et al. (1983), estudando os teores de Mg nas folhas de mandioca com e sem adubação; por Camargos (1990), avaliando dez cultivares de mandioca e pelo CIAT (1975), em lâminas foliares de mandioca. Já valores semelhantes, foram encontrados por Lorenzi (1978), em um resumo de vários autores sobre o teor de Mg em folhas de mandioca.

Segundo o CIAT (1974), o conteúdo normal de Mg em folhas jovens de mandioca completamente abertas, varia de 2,5 a 10,0 g.Kg⁻¹. Já Howeler (1984), afirma que o nível crítico de Mg para folhas de mandioca é de 3,0 g.Kg⁻¹. Com isso, pode-se dizer que as folhas de mandioca das cultivares analisadas, apresentam bons teores de Mg, ficando acima do nível crítico para mandioca.

A literatura contém muitas referências sobre a relação entre o Mg e o K, sendo que altas concentrações de K⁺ no substrato (solo ou solução nutritiva) inibem competitivamente a absorção do Mg⁺ a ponto de causar deficiência deste (Malavolta, 1979).

Pelos resultados da tabela 3, observa-se que o K pode perfeitamente ter interferido na absorção do Mg, pois nas cultivares tolerantes ao estresse hídrico onde o teor de K foi maior, o teor de Mg foi menor enquanto que nas cultivares suscetíveis ocorreu o contrário (apesar da diferença entre as cultivares tolerantes e suscetíveis não ter sido significativa para teores de Mg).

Malavolta (1980) diz que a literatura contém muitas referências ao antagonismo entre Mg e Ca, sendo que altas concentrações de um no meio implica na diminuição do outro, podendo levar à deficiência deste. Já Perim & Correa (1986) trabalhando com o efeito da calagem sobre o acúmulo de Mg e outros nutrientes na PAM, concluíram que a calagem incrementou o acúmulo de Mg na PAM das duas cultivares estudadas por eles.

Os resultados obtidos quando se comparou as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico quanto aos teores de Ca e Mg em suas folhas (apesar de não significativos), mostraram que os maiores teores de Ca e Mg ocorreram nas cultivares suscetíveis ao estresse hídrico, enquanto que os menores teores destes elementos foram encontrados nas cultivares tolerantes. Estes resultados portanto diferem das afirmações de Malavolta (1980) sobre o antagonismo entre estes elementos, pelo menos para mandioca, e reforçam os resultados encontrados por Perim & Correa (1986) na PAM.

Segundo Lehninger (1991), o organismo contém 25g de Mg, a maioria do qual está presente nos ossos. Embora a maioria dos alimentos

tenham considerável quantidade de Mg (ele é especialmente abundante na clorofila dos vegetais de folhas verdes), há uma evidência crescente que a ingestão de Mg é marginal na dieta dos E.U.A., particularmente nos velhos e pobres. Os alcoólatras são muito propensos a uma deficiência de Mg, que também ocorre na deficiência protéico-calórica. A ingestão recomendada de magnésio é de 350mg/dia/adultos.

O teor de Mg encontrado nas folhas desidratadas das dez cultivares de mandioca analisadas foi muito superior ao encontrado nas folhas verdes da maioria dos vegetais comestíveis; foi também maior que o teor de Mg presente na farinha de soja, no milho e no peixe. Só o grão-de-bico apresentou teor de Mg pouco acima do teor encontrado nas cultivares tolerantes, porém ainda abaixo do teor das suscetíveis (apesar de não haver diferença significativa entre os teores de Mg nas cultivares tolerantes e suscetíveis).

4.5. Teor de ferro (Fe)

Os resultados da análise do teor de ferro nas folhas das cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico mostram que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre elas (tabela 4). O mesmo resultado foi obtido para as cinco cultivares de mandica suscetíveis ao estresse hídrico, analisadas (tabela 5).

Ao comparar-se as cultivares de mandioca tolerantes com as suscetíveis ao estresse hídrico, quanto ao teor de ferro em suas folhas, observou-se que também não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre elas (tabela 3).

O fato de não ter havido diferença significativa em nenhum dos casos acima citados, provavelmente se deve ao fato do Coeficiente de Variação (C.V.), para os teores de ferro, nas folhas destas dez cultivares de mandioca, em estudo, ter sido muito alto. Apesar de não ter havido diferença significativa entre as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, bem como dentro delas, pode-se observar, pelos resultados expressos nas tabelas, que as cultivares suscetíveis BGM 966 e 958 apresentaram respectivamente o menor e o maior teor de ferro, quando comparadas com as demais cultivares. e o teor médio de ferro nas folhas das cultivares suscetíveis foi maior que nas cultivares tolerantes ao estresse hídrico.

Os teores de ferro encontrados nas folhas das dez cultivares de mandioca, estudadas, variam de 153 a 290,3 mg.Kg⁻¹. Valores semelhantes a estes, foram encontrados por Paula et al. (1983), em folhas de mandioca (cultivar "riqueza") com ou sem adubação. Entretanto, valores superiores só foram encontrados, no terço superior da PAM, por Carvalho et al. (1986).

Já valores inferiores foram encontrados por Carvalho et al. (1986), na matéria seca das folhas de nove cultivares de mandioca; por Camargos (1990),

avaliando folhas de dez cultivares de mandioca e por Figueiredo & Rego (1973), analisando folhas, desidratadas e moidas, de sete variedades de mandioca.

Segundo o CIAT (1974), os níveis normais de Fe nas folhas de mandioca estão entre 100 e 200 mg.Kg⁻¹. Já Malavolta et al. (1989), afirmam que os teores foliares de Fe considerados adequados para a mandioca variam de 120 a 140 mg.Kg⁻¹.

Pode-se concluir, de acordo com os autores acima citados, que as folhas das dez cultivares de mandioca analisadas neste trabalho apresentam teores de ferro bem superiores à maioria das cultivares, sendo portanto consideradas muito ricas neste elemento.

O transporte do ferro se dá na corrente transpiratória, e no exudado do xilema. E como há uma relação direta entre transpiração e absorção iônica, uma folha com transpiração impedida não recebe íons (ou o faz em pequena quantidade). Além disso, o Fe têm grande tendência a se precipitar em forma de sais não chegando às vezes às folhas e causando carência (Malavolta, 1980).

O ferro torna-se insolúvel em solos com pH elevado; sua absorção diminui quando aumenta as concentrações de Ca, Mg e Zn e a presença de altos níveis de fósforo no substrato, além de insolubilizar o Fe no solo, faz com que ele se precipite na superfície das raízes, espaços intercelulares e no xilema.

Na tabela 3, onde pode-se observar que as cultivares tolerantes apresentaram maior teor de fósforo e menor de ferro, enquanto que nas cultivares

suscetíveis ocorreu o contrário (apesar destes resultados não terem sido significativos para o Fe), percebe-se que pode ter havido aí a interferência do fósforo na absorção e translocação do Fe. Um maior teor de Zn nas folhas das cultivares tolerantes pode, também, ter contribuído para uma menor absorção de Fe por estas cultivares.

Se considerarmos que as plantas mais tolerantes ao estresse hídrico são aquelas que conseguem manter seus estômatos abertos mesmo a uma acentuada diminuição no seu conteúdo hídrico (Coelho, 1980) e se as cultivares de mandioca em estudo estivessem sob estresse hídrico, provavelmente a transpiração seria maior nas cultivares tolerantes e conseqüentemente, elas deveriam absorver mais Fe do que as suscetíveis. Entretanto, se considerarmos que as plantas tolerantes ao estresse hídrico são aquelas com alta resistência estomática (fecham seus estômatos para prevenir a perda de água, segundo Rocha, 1976), conseqüentemente elas estariam absorvendo menos Fe por estarem transpirando menos que as suscetíveis. Apesar dos resultados para Fe não serem significativos, seu teor foi maior nas cultivares suscetíveis, portanto se as plantas estivessem em condições de estresse hídrico, a teoria de Rocha (1976) seria a mais coerente.

A necessidade diária de Fe é de 18mg/adulto, segundo Lehninger (1991) e de 12 a 15mg/adulto, segundo Sá (1989).

A doença mais séria causada pela carência de ferro é a anemia, que se define como um estado patológico no qual a hemoglobina e ou a quantidade de glóbulos vermelhos se encontram diminuídos no sangue. O regime de alimentação adequada para a anemia por carência primária de Fe, consiste em um regime normal, incorporando à dieta alimentos ricos em ferro (Salgado & Brazaca, 1995).

Segundo Maciel (1981), levantamentos feitos na América Latina, indicam que a prevalência de anemias carenciais, principalmente de Ca e Fe, entre gestantes, no Brasil, situa-se entre 29 a 27%.

Ao se comparar os teores de Fe encontrados nas folhas desidratadas das cultivares de mandioca analisadas neste trabalho com a acelga e a couve (22,0 e 35,5 mg.Kg⁻¹ respectivamente, segundo Franco, 1992) fontes vegetais tradicionais deste elemento, segundo Carvalho & Kato (1987) e também com o fígado, gema de ovo, e carne bovina (121,0 mg.Kg⁻¹, 58,7 e 32,0 mg.Kg⁻¹ respectivamente, segundo Franco, 1992) principais fontes de Fe animal, segundo Salgado & Brazaca (1995) conclui-se que as folhas das dez cultivares de mandioca, estudadas, são riquíssimas em ferro.

Motta et al. (1994), já vem utilizando pequenas quantidades de farinha de folhas de mandioca (uma colher de chá ao dia), em crianças com anemia, no Nordeste onde este problema ocorre com muita frequência, e tem notado que a quantidade utilizada tem sido o bastante para corrigir essa deficiência.

4.6. Teor de zinco (Zn)

O teor de zinco presente nas folhas das cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico foi maior nas cultivares BGM 1468, 1269 e 076, que não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) entre si. Já as cultivares BGM 538 e 537 apresentaram teores de Zn significativamente inferiores às demais cultivares, apesar da cultivares BGM 076 e 537 não se diferenciarem estatisticamente (tabela 4).

TABELA 5- Teores de magnésio, ferro e zinco das folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	Magnésio (g.Kg ⁻¹)	Ferro (mg.Kg ⁻¹)	Zinco (mg.Kg ⁻¹)
BGM 958	5,37 a **	290,3 a	31,33 C *
BGM 966	6,43 a	153,0 a	57,00 AB
BGM 967	5,77 a	212,7 a	47,00 AB
BGM 1183	5,93 a	212,7 a	42,67 BC
BGM 1192	6,80 a	256,0 a	33,00 BC
C.V. (%)	13,88	21,52	12,12

(*) Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5%.

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Entre as cultivares suscetíveis ao estresse hídrico também houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de zinco em suas folhas. A cultivar BGM 966 foi a que apresentou maior teor de Zn, apesar de não se diferenciar estatisticamente da cultivar BGM 967. Esta segunda por sua vez não diferiu significativamente das cultivares BGM 1183 e 1192, enquanto que a cultivar BGM 958 foi a que apresentou menor teor de Zn, apesar de não se diferenciar estatisticamente das cultivares BGM 1183 e 1192 (tabela 5).

Comparando-se as folhas das cultivares de mandioca tolerantes com as suscetíveis ao estresse hídrico, analisadas, pode-se constatar que as tolerantes foram significativamente ($P < 0,05$) mais ricas em Zn do que as suscetíveis (tabela 3).

Os teores de zinco encontrado nas folhas desidratadas das dez cultivares de mandioca, estudadas, variou de 31,33 a 68 mg.Kg^{-1} . Valores semelhantes a estes foram encontrados por Camargos (1991), avaliando dez cultivares de mandioca e por Figueiredo & Rego (1973), analisando folhas desidratadas e moidas de sete variedades de mandioca.

Segundo Malavolta et al. (1989), o teor de Zn considerado adequado para folhas de mandioca varia de 30 a 60 mg.Kg^{-1} . Para Howeler (1984), o nível crítico de deficiência de Zn nas lâminas foliares é de 60 mg.Kg^{-1} .

Através dos dados acima, pode-se concluir que as folhas das cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico apresentam um teor de Zn

considerado razoável, estando, em sua maioria, próximas ou um pouco acima do nível crítico. Já as cultivares suscetíveis estão próximas ou um pouco abaixo do nível crítico para zinco.

Entretanto, este fato é perfeitamente compreensivo, já que nos solos brasileiros a carência de Zn é muito comum; como exemplo é a grande frequência com que aparece carências de Zn em diversas culturas (como a mandioca). Nestes casos, acredita-se que as reservas de zinco sejam pequenas, ou que a disponibilidade deste elemento seja baixa, ou ainda que ambas as coisas ocorram (Malavolta, 1980).

Segundo Vidigal Filho (1994), a calagem diminui o teor de zinco na mandioca (abaixo do nível crítico). Sem calagem o teor de zinco na planta, na presença do cálcio, fica acima do nível crítico. Entretanto altas concentrações de magnésio tem efeito mais inibitório para o Zn do que o Ca (Malavolta, 1980).

As altas concentrações de fósforo no solo diminuem a quantidade de Zn absorvido pela mandioca (Malavolta, 1979). Isto porque, o P insolubiliza o Zn na superfície das raízes diminuindo sua absorção; inibe não-competitivamente a absorção do Zn e diminui o transporte de zinco da raiz para a parte aérea da planta (Malavolta, 1980).

A absorção e a translocação do Zn na forma iônica Zn^{+2} é diretamente proporcional à transpiração, além do que o Zn, assim como o Fe, têm grande tendência para precipitar na forma de sais, não chegando muitas vezes às

folhas causando deficiência (Malavolta, 1980). Além do mais segundo Malavolta et al. (1989), o Zn é considerado pouco móvel na planta.

De acordo com as informações acima, se considerássemos que as plantas em estudo estivessem em condições de estresse hídrico, seria natural que o teor de zinco fosse maior nas cultivares tolerantes, devido ao fato da transpiração ser maior nestas plantas.

Um fator que provavelmente pode ter contribuído para que o teor de Zn fosse maior nas cultivares tolerantes é a relação de inibição do Mg e do Ca sobre a absorção do Zn, como pode ser observado na tabela 3 e 10, onde percebe-se que nas cultivares suscetíveis onde os teores de Ca e Mg foram mais altos, o teor de Zn foi mais baixo. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Perim & Correa (1986), estudando o efeito do Ca no acúmulo de Zn e outros nutrientes na PAM. Eles observaram que altos níveis de Ca reduziu o teor de Zn na PAM das cultivares em estudo.

Entretanto, a inibição do Zn pelas altas concentrações de P possivelmente não ocorreu, como pode ser observado na tabela 3, onde as cultivares tolerantes que apresentaram maiores teores de Zn, também apresentaram maiores teores de P. Esta inibição do Zn pelo P possivelmente não ocorreu porque as folhas das cultivares de mandioca, estudadas, apresentam baixos níveis de fósforo.

A necessidade diária de zinco é de 15mg/adulto, sendo que a sua carência provoca: pequena estatura, anemia, alterações no olfato, baixa albumina sérica e desenvolvimento retardado no sistema reprodutor (Lehninger, 1991).

Na alimentação humana, ao compararmos os teores de zinco encontrados nas folhas das dez cultivares de mandioca estudadas, com o teor de Zn de alimentos vegetais (folhas) ricos neste nutriente, podemos dizer que as cultivares de mandioca estudadas só têm menos Zn do que o espinafre. Elas também possuem maior teor de Zn do que o capim Napier e a Soja Perene (utilizadas na alimentação animal), segundo Malavota et al. (1989).

4.7. Açúcares redutores (A.R.)

Os teores médios de açúcares redutores presente nas folhas desidratadas das cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico, analisadas, não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre si (tabela 6). O mesmo ocorreu com as cultivares suscetíveis ao estresse hídrico, que também, não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de A.R. presentes em suas folhas (tabela 7).

Na tabela 10, ao compararmos o teor médio de A.R., presente nas folhas desidratadas, das cultivares tolerantes com as cultivares suscetíveis, percebe-se que também não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre elas.

TABELA 6- Teores de açúcares redutores (A.R.), ácido ascórbico (Ác. Asc.) e ácido cianídrico (HCN) das folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	A.R. (g.Kg ⁻¹)	Ác. Asc. (mg.Kg ⁻¹)	HCN (mg.Kg ⁻¹)
BGM 538	11,3 a **	686,6 a	324,0 a
BGM 076	9,3 a	515,2 a	126,0 a
BGM 537	9,5 a	514,3 a	270,0 a
BGM 1468	10,4 a	584,0 a	324,0 a
BGM 1269	13,3 a	618,2 a	324,0 a
C.V. (%)	35,21	12,13	19,06

(*) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Possivelmente, o alto Coeficiente de Variação (C.V.), entre as cultivares analisadas, seja o responsável pela não ocorrência de diferença significativa entre estas cultivares.

Apesar da diferença nos teores de A.R. entre as cultivares resistentes e suscetíveis ao estresse hídrico, analisadas, não ter sido significativa, observamos que as cultivares suscetíveis apresentaram uma maior tendência em acumular A.R. do que as cultivares tolerantes.

Segundo Morgan (1984), o desenvolvimento de baixos potenciais osmóticos internos é uma importante característica de plantas de ambientes

áridos. A implicação direta desse mecanismo é a redução da perda de água pelas plantas associada à manutenção da absorção de água do solo e à prevenção das regiões de crescimento.

O ajustamento osmótico é definido como a acumulação de solutos osmoticamente ativos nos tecidos durante o déficit hídrico. O potencial osmótico é assim reduzido concomitantemente com o potencial hídrico foliar, para manter completa ou parcialmente a turgescência foliar (Turner, 1990). Por isso, um estresse hídrico é normalmente acompanhado de um aumento no nível de compostos de baixo peso molecular, como açúcares e aminoácidos. Fox & Geiger (1986), observaram que o estresse hídrico estimula a conversão do amido em sacarose nas folhas de beterraba.

O aumento de açúcares solúveis deve agir diminuindo o potencial de solutos, contribuindo para a manutenção da turgescência (Quick et al., 1989). Segundo Chaves (1991), o principal açúcar solúvel acumulado nas regiões de crescimento é a glicose, embora alguns trabalhos tenham encontrado frutanos como principal em *Lolium perene* (Thomas, 1990) e sacarose em trigo (Munns & Weir, 1981).

Cairo (1992), estudando algumas espécies florestais observou que o teor de A.R., na maioria destas espécies, aumentou quando estas foram submetidas a condições de déficit hídrico.

Se o estresse hídrico desenvolve-se lentamente, o ajuste osmótico parece ser o principal regulador do mecanismo estomático, permitindo que os estômatos permaneçam parcialmente abertos a um potencial hídrico foliar progressivamente menor (Ludlow & Muchow, 1990). É certo, também, que o ajustamento osmótico reduz a taxa de senescência foliar, tanto por prevenir como por tolerar a desidratação (Hsiao et al., 1973 e Blum & Sullivan, 1986).

Considerando que as cultivares de mandioca estudadas estivessem em condições de estresse hídrico, o maior acúmulo de A.R. nas cultivares suscetíveis ao estresse hídrico poderia ser consequência de um ajustamento osmótico mais acentuado na tentativa de prevenir a perda de água. Entretanto, nas cultivares resistentes poderia também estar havendo um ajustamento osmótico, só que, em menor intensidade, aumentando assim a capacidade destas plantas tolerarem a desidratação.

No que se refere ao teor de A.R. presente nas folhas de mandioca, pode-se dizer que nenhuma referência sobre o assunto foi encontrada na literatura, por isso não foi possível comparar os teores de A.R. obtidos neste trabalho com dados da literatura. Foram encontradas referências somente a respeito de carboidratos totais, carboidratos solúveis e amido em folhas de mandioca.

Echandi (1952) encontrou $408,0 \text{ g.Kg}^{-1}$ de carboidratos totais em farinha de ramas e folhas de mandioca, valores esses maiores que os encontrados

em alfafa; Corrêa (1972), encontrou 205,4 g.Kg⁻¹ de carboidratos totais na matéria seca de ramas de mandioca; Carvalho et al. (1983), encontrou na matéria seca da parte aérea da mandioca 450,0 g.Kg⁻¹ de carboidratos totais.

Carvalho et al. (1983), encontraram 140 g.Kg⁻¹ de carboidratos solúveis na silagem (matéria seca) da parte aérea da mandioca. Já Carvalho et al. (1985), encontraram teores de amido que variam de 57,7 a 101,4 g.Kg⁻¹, dependendo da época de colheita, no feno do terço superior da parte aérea da mandioca.

O teor médio de A.R. encontrado nas folhas desidratadas das dez cultivares de mandioca estudadas, foi semelhante e ou superior ao teor de A.R. encontrado por D'arce (1983), em farinha de soja integral e inferior aos teores encontrados por Garcia (1978) e Gutierrez et al. (1976), na goiaba.

4.8. Teor de ácido ascórbico

Na tabela 6, podemos observar que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre o teor médio de ácido ascórbico presente nas folhas das cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico. Entretanto na tabela 7, observa-se que entre as cultivares suscetíveis o teor médio de ácido ascórbico nas folhas da cultivar BGM 1183 foi significativamente ($P < 0,05$) maior que nas demais. As outras quatro cultivares suscetíveis ao estresse hídrico, não apresentaram diferença significativa entre seus teores de ácido ascórbico.

Comparando-se o teor médio de ácido ascórbico entre as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, na tabela 10, observou-se que as cultivares suscetíveis são significativamente ($P < 0,05$) mais ricas em ácido ascórbico do que as cultivares tolerantes, sendo que esta diferença, provavelmente, é consequência do alto teor de ácido ascórbico (quase duas vezes maior que nas outras nove cultivares) contido nas folhas da cultivar suscetível BGM 1183.

Segundo Lehninger (1991), o ácido ascórbico é formado nas plantas através de uma via secundária da glicose, por isso é de se esperar que a quantidade de ácido ascórbico formada seja diretamente proporcional a quantidade de glicose na folha. Observando-se as folhas das dez cultivares de mandioca analisadas neste trabalho, constatamos que o teores de ácido ascórbico encontrados foram diretamente proporcionais, ao teores de açúcares redutores encontrados em todas as cultivares.

O teor médio de ácido ascórbico, encontrado nas folhas desidratadas, das dez cultivares de mandioca analisadas foram inferiores aos teores encontrados por Carvalho et al. (1986), trabalhando com feno do terço superior da parte aérea da mandioca. Estes mesmos autores, trabalhando com feno de folhas de mandioca, encontraram teores de ácido ascórbico superiores aos encontrados neste trabalho.

O ácido ascórbico é uma substância hidrossolúvel e instável, que se degrada facilmente pelo calor, por isso é bem provável que durante o processo de desidratação das folhas das cultivares de mandioca, analisadas, grande parte do ácido ascórbico tenha se perdido. Entretanto, o teor de ácido ascórbico presente nas folhas desidratadas da cultivar 1183, foi de 1200 mg.Kg^{-1} , ficando dentro da média citada por Normanha (1966), analisando folhas frescas de mandioca.

O ácido ascórbico é uma substância de funções bioquímicas ainda pouco conhecidas, produzida pelas plantas e alguns animais, mas não pelo homem. Entretanto, é um nutriente de importância vital para os homens, principalmente por prevenir e curar doenças como o escorbuto. A necessidade diária de ácido ascórbico é de 60 mg/adulto , segundo Lehninger (1991).

O homem obtém a vitamina C, através da ingestão, principalmente de alimentos vegetais ricos em ácido ascórbico como: suco de laranja com $475,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (Franco, 1992); a goiaba branca com $801,0 \text{ mg.Kg}^{-1}$ (Franco, 1992) e a acerola 10.000 a $46.760 \text{ mg.Kg}^{-1}$ (Araújo & Minami, 1994).

Comparando as fontes de vitamina C, acima citadas, com as folhas desidratadas das dez cultivares de mandioca analisadas, conclui-se que estas segundas são muito mais ricas em ácido ascórbico do que a laranja, e que o teor de ácido ascórbico na goiaba é maior do que na maioria das cultivares, mas é menor do que na cultivar 1183. Já o teor de ácido ascórbico na acerola é maior que em todas as cultivares de mandioca estudadas.

4.9. Teor de ácido cianídrico (HCN)

TABELA 7- Teores de açúcares redutores (A.R.), ácido ascórbico (Ác. Asc.) e ácido cianídrico (HCN) das folhas de cinco cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	(A.R.) (g.Kg ⁻¹)	Ác. Asc. (mg.Kg ⁻¹)	HCN (mg.Kg ⁻¹)
BGM 958	1,06 a **	618,2 B *	324,0 a
BGM 966	1,55 a	688,4 B	378,0 a
BGM 967	1,25 a	549,3 B	288,0 a
BGM 1183	1,73 a	1202,0 A	432,0 a
BGM 1192	0,90 a	513,8 B	270,0 a
C.V. (%)	35,21	12,13	19,06

(*) Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Analisando as cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico, quanto ao conteúdo de HCN em suas folhas desidratadas, observou-se que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre elas, apesar da cultivar BGM 076 ter apresentado um teor médio de HCN bem menor que as demais cultivares. Esta diferença, possivelmente, não foi detectada devido ao fato do Coeficiente de

Variação (C.V.), para os teores médios de HCN, nestas cultivares ter sido muito alto (tabela 6).

Entre as cultivares suscetíveis ao estresse hídrico, analisadas, também não houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos teores médios de HCN encontrado em suas folhas. Neste caso, apesar de não haver nenhuma cultivar com teor de HCN tão diferente das demais, percebe-se que existe uma diferença entre os teores de HCN nas folhas das cultivares que talvez pudesse ser significativa, se o C.V. entre estas plantas não fosse tão alto (tabela 7).

Provavelmente, o alto C.V. entre as dez cultivares de mandioca estudadas, também seja o responsável pelo fato de não ter havido diferença significativa ($P < 0,05$) entre as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, quanto ao teor de HCN em suas folhas (tabela 10).

Um alto C.V. pode ser consequência da baixa precisão da metodologia para determinação do ácido cianídrico ou, ainda, da influência de fatores externos, tais como, agentes contaminantes que podem ter interferido nos resultados.

Apesar da diferença não ter sido significativa, verificou-se uma tendência nas cultivares suscetíveis em apresentarem um teor médio de HCN maior que nas cultivares tolerantes, analisadas.

Sabe-se que, o HCN é um produto da hidrólise dos dois glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina, presentes na mandioca), pela enzima

endógena linamarase, que é ativada ao destruir-se a estrutura celular da planta (Conn, 1969). Segundo Koch et al. (1992), já está bem estabelecido que estes glicosídeos cianogênicos são sintetizados somente nas folhas e translocados para todas as partes da planta, onde se acumulam.

Supostamente, sob condições de estresse hídrico, nas folhas das cultivares suscetíveis, onde o fechamento estomático seria mais rápido, diminuindo assim a atividade fotossintética e conseqüentemente a síntese protéica e a área foliar; o nitrogênio absorvido poderia ser conservado mais na forma de glicosídeos cianogênicos do que nas plantas tolerantes, onde o metabolismo geral (síntese de aminoácidos e proteínas) ficaria praticamente inalterado.

O teor médio de HCN encontrado nas folhas desidratadas das dez cultivares de mandioca analisadas foi de 306,0 mg.Kg⁻¹. Valores semelhantes foram encontrados por Kass et al. (1981), analisando folhas de mandioca (cultivar mameluca branca) secas ao sol por 48 horas. Neste mesmo trabalho os autores encontraram valores de HCN superiores, ao analisarem as folhas secas à sombra por 48 horas; ao analisarem folhas desidratadas de outras cinco cultivares de mandioca e ao analisarem folhas secas de outras setenta e cinco diferentes cultivares de mandioca.

Teores de HCN pouco menores que a média encontrada neste trabalho foram encontrados por: Kass et al. (1981), analisando as folhas da cultivar “mameluca branca” desidratadas em estufa por 48 horas; por Vitti et al.

(1972), analisando folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca e por Pechnik & Guimarães (1986), em folhas desidratadas e moídas de mandioca mansa (aipim).

Em trabalho realizado por Mendes et al. (1974) com feno de limbo foliar de mandioca mansa, “Maragogipe”, o teor de HCN encontrado foi bem menor do que o teor médio das cultivares analisadas neste trabalho. Motta et al. (1994), também encontrou valores de HCN bem menores que a média deste trabalho, analisando farinha de folhas de cinco diferentes cultivares de mandioca, submetidas a diferentes processos de desidratação.

A toxidez crônica e aguda em homens e animais, ocasionadas pelo consumo permanente do HCN, limita o seu emprego na alimentação pois ele é um potente inibidor da respiração celular, sendo fatal em altas doses e depressor do crescimento e da capacidade produtiva, em doses baixas (Montaldo, 1979). Segundo Jesus (1985), o HCN inibe grande número de enzimas da cadeia respiratória, sendo, entretanto, que o maior risco causado pelo consumo excessivo do HCN é a inibição da penetração de iodo na glândula tireóide.

Um dos fatores que limitam a utilização da parte aérea da mandioca, na alimentação, é o alto teor de HCN, superior ao das raízes (Kass et al., 1981; Carvalho & Kato, 1987 e Motta et al., 1994). Segundo Bokanga (1995) o potencial cianídrico das folhas de mandioca é de 5 a 20 vezes maior que o da parte comestível da raiz. Entretanto, segundo Carvalho & Kato (1987), a

possibilidade de intoxicação, quando se utiliza a parte aérea fenada, em forma de silagem, de farelo ou mesmo farinha, é mínima, uma vez que nas etapas de trituração, secagem e moagem a enzima linamarase entra em contato com os glicosídeos cianogênicos, liberando o HCN, o qual é volatilizado, ficando em concentrações, em muitos casos, abaixo dos níveis tóxicos no material processado. Os teores de HCN do produto final, após processamento, dependem também da variedade estudada (Motta et al., 1994).

Segundo Vitti et al (1972) o processo de secagem diminuiu o teor de de HCN das folhas de mandioca em 31,5%. Motta et al. (1994), obteve uma diminuição de até 90% no teor de HCN das folhas frescas, quando estas foram trituradas em liquidificador e depois secas para a obtenção da farinha de folha e Kass et al. (1981) obtiveram uma diminuição de 58% no teor de HCN, presente nas folhas frescas, quando estas foram secas à sombra por 48h; 81% quando as folhas foram secas em estufa a 60°C durante 48h e 71% quando as folhas foram secas ao sol, também por 48h.

Bokanga (1995) afirma que, segundo vários autores, a fermentação é o processo mais eficiente para reduzir os níveis cianogênicos em mandioca: redução de 95 a 100% do HCN, após a fermentação. Carvalho et al. (1983) afirmam que o processo de silagem diminui em 65% o teor de HCN da parte aérea da mandioca.

Vitti et al. (1972) afirma que após o processo de secagem e cozimento o HCN das folhas de mandioca é totalmente eliminado. Bokanga (1995) e Kass et al. (1981), tiveram o HCN das folhas totalmente eliminado depois de 30 minutos de cozimento.

Pechnik & Guimarães (1986) observaram que o teor de HCN presente nas folhas de mandioca desidratadas e moídas caiu de 230 mg.Kg⁻¹ para 9,0 mg.Kg⁻¹, após três horas de cozimento. Entretanto, os autores perceberam que a cocção também diminuiu o valor protéico das folhas por desnaturação protéica.

A classificação de cultivares de mandioca segundo a quantidade de ácido cianídrico nas raízes tem sido muito estudada, mas estudos semelhantes na parte aérea são pouco conhecidos (Kass et al., 1981).

Martinez¹, citado por Carvalho (1983), afirma que o nível de toxidez para animais se mede pelo teor de ácido cianídrico contido num quilograma de amostra fresca, sendo que 50 mg.Kg⁻¹ é considerado inoculo; 50 a 100 mg. Kg⁻¹ é moderadamente tóxico e acima de 100 mg.Kg⁻¹ é altamente tóxico. Ao analisar-se a matéria seca, considerando que as folhas frescas das cultivares de mandioca analisadas contenham 80% de umidade, os teores de HCN, acima citados, passariam a 250 mg.Kg⁻¹ (inóculo), 250 a 500 mg.Kg⁻¹ (moderadamente tóxico) e 500 mg.Kg⁻¹ (altamente tóxico), respectivamente. Para os homens, sabe-

1- MARTINEZ, I. B. E. Utilizacion de hojas y tallos deshidratados de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) en alimentacion animal. Sertanejas, Universidade Simón Bolívar, 1979. Trabajo especial de gado.

se que o teor de HCN tóxico ao homem gira em torno de 50 a 60mg/adulto (Merck, 1983).

Os teores de HCN encontrados nas folhas das cultivares de mandioca analisadas estão, com exceção da cultivar tolerante BGM 076, dentro dos limites considerados moderadamente tóxicos aos animais. Já os humanos se consumirem uma média de 150g das folhas desidratadas das cultivares estudadas, estarão ingerindo teores de HCN bem próximos aos níveis tóxicos ao homem. Por isso, para melhor utilização deste material é recomendável que ensaios biológicos com cobaias sejam feitos no intuito de verificar se e/ou quanto deste material pode ser consumido por homens e animais sem risco de intoxicação.

Embora possam ser consumidas quantidades inferiores aos níveis considerados tóxicos (50 a 60mg/adulto), há a possibilidade dessas quantidades induzirem o aparecimento do bócio provocado pela má utilização do iodo, o que pode ser considerado um tipo de intoxicação crônica.

4.10. Teor de cálcio (Ca)

Na tabela 8 foi observado que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de cálcio presente nas folhas desidratadas das cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico analisadas. Já nas cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de Ca em suas folhas, sendo que, as cultivares BGM 1183 e 1192 foram significativamente superiores às demais (tabela 9).

TABELA 8- Teores de cálcio e oxalato das folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	Cálcio (g.Kg ⁻¹)	Oxalato (g.Kg ⁻¹)
BGM 538	8,30 a **	14,23 C *
BGM 076	10,67 a	18,61 BC
BGM 537	9,40 a	28,82 A
BGM 1468	10,57 a	21,61 AB
BGM 1269	8,10 a	14,11 C
C.V. (%)	10,38	15,69

(*) Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Ao comparar-se as cultivares de mandioca tolerantes com as suscetíveis ao estresse hídrico, observa-se que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de Ca em suas folhas. Entretanto, o teor de cálcio nas cultivares suscetíveis foi um pouco maior do que nas tolerantes (tabela 10).

Os teores de cálcio nas folhas das dez cultivares de mandioca analisadas variou de 7,6 a 12,67 g.Kg⁻¹. Teores estes, semelhantes aos encontrados por Camargos (1990) e Montaldo (1991), analisando a matéria seca

das folhas de mandioca; por Pechnik et al. (1962), analisando farinha de folhas de mandioca crua e cozida; por Carvalho et al. (1986), em feno de folhas de mandioca; por Carvalho et al. (1983), na silagem da parte aérea da mandioca, e também, por Carvalho (1983), na PAM desidratada ao sol. Valores inferiores foram encontrados por Carvalho et al. (1983), na matéria seca da PAM e valores superiores encontrados por Carvalho et al. (1986), no feno do terço superior da PAM.

Os teores de Cálcio encontrados nas folhas das dez cultivares de mandioca, analisadas, estão dentro dos valores citados por Lorenzi (1978), num resumo de vários autores, onde o conteúdo de Ca na matéria seca das folhas de mandioca varia de 7,0 a 25,6 g.Kg⁻¹. Considerando que 7,0 g.Kg⁻¹ de Ca nas folhas desidratadas de mandioca é um teor bastante razoável, segundo o CIAT (1978), e que o nível crítico de cálcio para a mandioca é de 6,5 g.Kg⁻¹ (Howeler, 1984), pode-se afirmar que as folhas das dez cultivares de mandioca analisadas neste trabalho são ricas em cálcio.

Segundo Awad & Castro (1983) o cálcio é um elemento comum em regiões áridas e semi-áridas, portanto é natural que as cultivares de mandioca em estudo, sejam ricas neste elemento. Entretanto, como o Ca possui uma baixa velocidade de absorção pelas raízes, além de ser pouco móvel na planta, ele se concentra praticamente nas folhas onde fica quase que totalmente imobilizado,

sendo utilizado no metabolismo intenso das células foliares (Awad & Castro, 1983).

Supondo que as cultivares de mandioca estudadas estivessem sob condições de estresse hídrico, e como a água é o principal veículo de absorção, translocação e de redistribuição de nutrientes nas plantas, seria natural que as cultivares de mandioca mais tolerantes ao estresse hídrico, por apresentarem maior eficiência no uso da água, conseguissem redistribuir o Ca para os outros órgãos da planta, enquanto que as cultivares suscetíveis não o fizessem. Neste caso, provavelmente, o teor de Ca nas folhas das cultivares analisadas seria diretamente proporcional a suscetibilidade destas ao estresse hídrico.

O cálcio é um elemento vital tanto para os homens como para os animais por ser essencial na formação dos ossos e dentes. Sua necessidade diária para o homem adulto varia de 800 a 1200mg, segundo Lehninger (1991)

Para a alimentação humana, o teor médio de cálcio encontrado nas folhas das dez cultivares de mandioca, analisadas, foi igual ou superior ao teor de Ca encontrado nas folhas de vários vegetais (beterraba, agrião, escarola, almeirão e alface) considerados boas fontes de Ca, e igual ou um pouco inferior a rúcula e ao espinafre, consideradas fontes altamente ricas neste elemento (Rondino et al., 1993). Se comparadas ao leite e aos ovos, principais fontes de cálcio animal, as folhas das dez cultivares de mandioca analisadas são também consideradas muito ricas em Ca (Franco, 1992).

De acordo com Euclides & Euclides Filho (1981) e Malavolta et al. (1989) as folhas das dez cultivares de mandioca, analisadas, são mais ricas em cálcio do que o milho e o sorgo, principais fontes de alimentação animal.

4.11. Teor de oxalato

TABELA 9- Teores de cálcio e oxalato das folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico (média de três plantas).

Cultivares	Cálcio (g.Kg ⁻¹)	Oxalato (g.Kg ⁻¹)
BGM 958	8,43 B *	15,91 a **
BGM 966	8,80 B	18,61 a
BGM 967	7,60 B	13,51 a
BGM 1183	12,40 A	26,41 a
BGM 1192	12,67 A	18,91 a
C.V. (%)	10,38	15,69

(*) Valores seguidos de letras maiúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5%.

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

Os resultados obtidos na análise do oxalato nas folhas desidratadas das cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico, em estudo, mostraram que houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos teores de oxalato entre

elas. A cultivar BGM 537 se destacou entre as demais por apresentar o maior teor de oxalato, apesar de não ter se diferenciado significativamente das cultivares BGM 1468 e 076. Já as cultivares BGM 538 e 1269 se destacaram por apresentarem os menores teores de oxalato, apesar de não se diferenciarem significativamente da cultivar BGM 076 (tabela 8).

Na análise das folhas das cinco cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico, em estudo, não foi observada nenhuma diferença significativa ($P < 0,05$) no teor de oxalato entre elas. Apesar de um resultado não significativo observou-se que a cultivar BGM 1183 apresentou maior teor de oxalato e a cultivar BGM 967 o menor teor, quando comparadas às demais (tabela 9).

Na tabela 10, observou-se que não houve diferença significativa entre as cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, quanto ao teor de oxalato em suas folhas.

Segundo Franceschi & Franceschi (1987) altos teores de nitrogênio e/ou potássio na fertilização resultam num aumento de oxalato acumulado na folha de espinafre. Já, o fósforo diminui o acúmulo de oxalato na folha do espinafre.

Apesar de não ter sido encontrado na literatura consultada, qualquer dado sobre teor de oxalato em folhas de mandioca, percebemos que, assim como ocorreu com o espinafre, as folhas de mandioca das dez cultivares analisadas podem ter sido influenciadas pelos elementos nitrogênio e potássio, pois o teor

médio da P.B. (conseqüentemente do nitrogênio) e do potássio, assim como o teor de oxalato (apesar de não significativo), foi maior nas folhas das cultivares de mandioca tolerantes do que nas das cultivares suscetíveis ao estresse hídrico.

TABELA 10- Comparação entre as cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, quanto aos teores de açúcares redutores (A.R.), ácido ascórbico (Ác. Asc.), ácido cianídrico (HCN), cálcio e oxalato em suas folhas desidratadas (média de quinze plantas).

Cultivares	A.R.	Ác. Asc.	HCN	Cálcio	Oxalato
	(g.Kg ⁻¹)	(mg.Kg ⁻¹)	(mg.Kg ⁻¹)	(g.Kg ⁻¹)	(g.Kg ⁻¹)
Tolerantes	10,75 a**	583,63 b	273,60 a	9,41 a	18,67 a
Suscetíveis	12,97 a	714,38 a	338,40 a	9,98 a	19,47 a
C.V. (%)	35,21	12,13	19,06	10,38	15,69

(**) Valores seguidos de letras minúsculas iguais não diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

No entanto, para a relação fósforo/oxalato a afirmação de Franceschi & Franceschi (1978), para folhas de espinafre, entrou em contradição com as folhas de mandioca das cultivares analisadas, porque, neste caso, as cultivares tolerantes ao estresse hídrico apresentaram maiores teores de fósforo e também de oxalato em suas folhas. Entretanto deve-se salientar que para o oxalato

a diferença entre cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico não foi significativa.

A dose letal do ácido oxálico para homens adultos varia de 2 a 30g dependendo da variedade dos fatores (Franceschi & Franceschi, 1978).

Segundo Hadi et al. (1985) e Salgado & Brazaca (1995) o espinafre, rico em cálcio, contém oxalato, o qual combina-se com parte do Ca existente no espinafre e em outros alimentos da refeição, resultando numa deficiência de Ca ou na formação do cálculo renal, que impede a absorção do cálcio pelo organismo.

TABELA 11- Razão entre os teores de cálcio e oxalato nas folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico.

Cultivares	Cálcio/Oxalato (g.Kg ⁻¹)
BGM 538	0,58
BGM 076	0,57
BGM 537	0,33
BGM 1468	0,49
BGM 1269	0,57

A alimentação mais rica em cálcio (leite e bastante água), diminui o risco da formação da pedra renal de oxalato de Ca. No caso agudo de oxalato, a

ingestão de cálcio gluconato tem sido recomendada como antídoto (Franceschi & Franceschi, 1978).

Segundo Rondino et al. (1993), a relação cálcio/oxalato inferior a 0,44% é considerada de baixa qualidade. Isto significa que a maioria do Ca ingerido não está sendo absorvido pelo organismo devido a alta quantidade de oxalato aí presente, resultando em deficiência de Ca ou na formação de cálculo renal.

Apesar de não ter sido encontrada na literatura consultada informações sobre a relação Ca/oxalato, através dos resultados obtidos nas folhas das dez cultivares de mandioca analisadas, podemos observar que o teor de oxalato contido nestas cultivares está abaixo do valor considerado mínimo para a intoxicação letal do homem.

TABELA 12- Razão entre os teores de cálcio e oxalato nas folhas desidratadas de cinco cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico..

Cultivares	Cálcio/Oxalato (g.Kg ⁻¹)
BGM 958	0,53
BGM 966	0,47
BGM 967	0,56
BGM 1183	0,47
BGM 1192	0,67

Nas tabelas 11 e 12, pode-se perceber que a relação Ca/oxalato foi superior a 0,44% na maioria das cultivares em estudo ficando abaixo da média somente a cultivar resistente ao estresse hídrico BGM 537. Isto significa que o oxalato presente nas folhas das cultivares de mandioca não interferirá na absorção do Ca (presente nas cultivares de mandioca analisadas) pelo organismo.

5. CONCLUSÕES

a) As cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico foram significativamente mais ricas em proteína bruta do que as cultivares suscetíveis. As cultivares tolerantes também diferenciaram estatisticamente entre si, sendo que a cultivar BGM 1269 se destacou por apresentar menor teor de P.B.. Já as cultivares suscetíveis não apresentaram diferença significativa entre os teores de P.B. em suas folhas.

b) As folhas das cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico foram significativamente mais ricas em fósforo e potássio do que as cultivares suscetíveis. As cultivares tolerantes apresentaram diferença significativa entre si, sendo que as cultivares BGM 076 e BGM 1269 se destacaram das demais por apresentarem maiores e menores teores de P e K, respectivamente. As cultivares suscetíveis, também apresentaram diferença significativa entre si para teores de P e K, sendo que a cultivar BGM 967 se destacou das demais por apresentar o menor teor de potássio.

c) Comparando-se os teores de magnésio e ferro encontrados nas folhas das cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, concluiu-se que não houve diferença significativa entre os dois grupos de cultivares, e nem dentro deles.

d) As folhas das cultivares de mandioca tolerantes ao estresse hídrico foram significativamente mais ricas em zinco do que as cultivares suscetíveis. Não houve diferença estatística significativa entre os teores de Zn dentro das cultivares tolerantes e nem dentro das suscetíveis.

e) Comparando-se os teores de açúcares redutores encontrados nas folhas das cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, concluiu-se que não houve diferença significativa entre os dois grupos de cultivares, e nem dentro deles.

f) O teor de ácido ascórbico nas cultivares de mandioca suscetíveis ao estresse hídrico foi significativamente maior do que nas cultivares tolerantes. Não houve diferença significativa entre os teores de ácido ascórbico nas cultivares tolerantes. Já nas cultivares suscetíveis houve diferença significativa entre os teores de ácido ascórbico em suas folhas, sendo que a cultivar BGM 1183 foi quem apresentou maior teor (quase duas vezes maior que nas outras cultivares). Observou-se, também, que os teores de ácido ascórbico foram diretamente proporcionais aos teores de açúcares redutores em todas as cultivares em estudo.

g) Comparando-se os teores de HCN encontrados nas folhas das cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, concluiu-se que não houve diferença significativa entre os dois grupos de cultivares, e nem dentro deles.

h) Comparando as cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, quanto ao teor de cálcio em suas folhas, concluiu-se que não houve diferença significativa entre elas. Também não houve diferença significativa entre os teores de Ca nas cultivares tolerantes. Já as cultivares suscetíveis apresentaram diferença significativa nos teores de Ca em suas folhas.

i) Comparando as cultivares de mandioca tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico, quanto ao teor de oxalato em suas folhas, concluiu-se que não houve diferença significativa entre elas. Também não houve diferença significativa entre os teores de oxalato nas cultivares suscetíveis. Já as cultivares tolerantes apresentaram diferença significativa nos teores de oxalato em suas folhas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M. A. **A mandioca na Amazônia.** Belém: Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, 1969. 277p.
- ALVARENGA, A. A.; OLIVEIRA, L. E. M. de; GOMIDE, M. B.; SOUZA, C. A. S. Seleção de cultivares de mandioca resistentes ao déficit hídrico. **Ciência e Prática**, v.7, n.1, p.15-22, Jan./Jun. 1983.
- ARAUJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola.** Campinas: Fundação Cargil, 1994. 81p.
- ATHANASOFF, N. **Contribuição para o estudo das ramas de mandioca comum como forragem na alimentação do gado leiteiro.** São Paulo: Secretaria da Agricultura, Comercio e Obras Públicas do Estado de São Paulo, 1923. 23p.
- AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à fisiologia vegetal.** São Paulo: Nobel, 1983. 177p.
- BANGHAM, W. N. A mandioca supera a alfafa. **A Fazenda**, v.45, n.8, p. 27-28, 1950.

- BOKANGA, M. Biotechnology and cassava processing in Africa. **Food Technology**, v.49, n.1, p. 86-90, 1995.
- BLUM, A.; SULLIVAN, C. Y. The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. **Annals of Botany**, v.57, n.6, p. 835-46, june, 1986.
- CAIRO, P. A. R. Aspectos biofísicos e metabólicos de plantas jovens de espécies florestais associado à disponibilidade de água no solo. Lavras, 1992. 124p. Dissertação (M.S.)- Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- CAMARGOS, S. L. Diagnose foliar em mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Comparação entre cultivares e correlação com análise de solo e produção. Lavras, 1990. 103p. Dissertação (M.S.)- Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- CARVALHO, J. L. H. A mandioca: raiz e parte aérea, na alimentação animal. **Circular Técnico**, v.17. 44p. 1983.
- CARVALHO, J. L. H.; PERIM, S.; COSTA, I. R. S. Parte aérea da mandioca na alimentação animal - I: valor nutritivo e qualidade da silagem. **Comunicado Técnico**, v.29, p.01-06, Ago. 1983.
- CARVALHO, V. D.; KATO, M. S. A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Informe Agropecuário**, v. 13, n.145, p. 23-28, Jan. 1987.

- CARVALHO, V. D.; PAULA, M. B.; JUSTE, JR. E. S. G. Efeito da época de colheita no rendimento e composição química de fenos da parte aérea de dez cultivares de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.4, n.1, p. 43-59. 1985.
- CARVALHO, V. D.; PAULA, M. B.; JUSTE, JR. E. S. G.; KATO, M. S. A.. Características nutritivas de fenos do terço superior e folhas de cultivares de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.5, n.1, p. 63-70. 1986.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistemas de produção de Yuca. **Informe Anual**, p. 57-118, 1974.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistemas de produção de Yuca. **Informe Anual**, p. 1355-60, 1975.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Soils and nutrición la planta. **Informe Anual**, p. 83-93, 1978.
- CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, n.234, p.1-6, Jan. 1991.
- COÊLHO, K, J. F. Produtividade e eficiência no uso de água de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), submetida a deficiência hídrica. Viçosa, 1980. 36p. Dissertação (M.S.)- Universidade Federal de Viçosa.
- CONN, E. E. Cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural Food Chemical**, v.17, p.519-526, 1969.

- CORRÊA, H. Produção e composição química de raízes e ramas de mandioca em diversas épocas de colheita e o efeito da poda na produção de raízes. Viçosa, 1972. 49p. Dissertação (M.S.)- Universidade Federal de Viçosa.
- D'ARCE, M. A.B. R. Tecnologia da transformação. In: CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J.; DARCE, M. A. B. R. **Soja: Produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. p. 53-99. (Extensão Agroindustrial, 7).
- D'UTRA, G. P. A mandioca como forragem. **Boletim do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo**, v.10, p. 196-207, 1899.
- ECHANDI, M. O. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. **Turrialba**, v.2, n.4, p. 166-9. 1952.
- EHRLER, W. L.; VAN BAVEL, C. H. M. Leaf diffusion resistance illuminance, and transpiration. **Plant Physiology**, v.43, p. 208-214. 1968.
- EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. Mandioca na alimentação do gado de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1., Salvador, 1979. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. v.2, p. 143-148.
- FARUSO, M. A.; OKE, O. L. Leaf protein from different cassava varieties. **Nutr. Reps. Internat.**, v.14, n. 629, 1976.

- FIGUEIREDO, A. A.; REGO, M. M. Teor protéico e mineral em raízes e folhas de mandioca. **Boletim Técnico do Centro Tecnológico de Agricultura**, v.5, n.23, 1973.
- FOX, T. C.; GEIGER, D. R. Osmotic response of sugar beet leaves at CO₂ compensation point. **Plant Physiology**, v.80, n.1, p. 239-41, Jan., 1986.
- FRANCESCHI, L.; FRANCESCHI, V. Oxalate in crop plants. **Journal Agricultural Food Chemistry**, p.926-38, 1987.
- FRANCO, G. Tabela de composição química dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 1992. 307p.
- GARCIA, J. L. M. Matéria Prima. In: MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L.M.; KATO, K.; MARTIN, Z. J.; RENESTO, V. O. **Goiaba: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1978. cap. 2, p. 47-59.
- GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.
- GUTIERREZ, L. E.; CEZAR, W. P.; FERRARI, S. E.; GUIMARÃES, G. L. Carboidratos solúveis em frutos II. Goiaba branca, goiaba vermelha, melancia, mamão, abacate, caqui, maracujá e moranguinho. **O Solo**, v.68, n.1, p. 16-20, Jun., 1976.

- GUTIERREZ, L. E.; LORENZI, L. O. Reserva de nitrogênio orgânico em raízes e hastes de mandioca durante o período de repouso fisiológico. **O Solo**, v.72, n.1, p. 15-20, 1980.
- HADI, A. M. A. E.; ALLAM, N.; ABAIDO, Y. Some factors affecting the oxalic acid content of spinach. **Beitrage Zur Inopschen Landwirtschaft Und Veterinar Medizin**, v.23, n.1, p. 43-7, 1985.
- HOWELER, R. H. Nutricion mineral y fertilizacion de la yuca. In: DOMÍNGUEZ, C. E., **Yuca: Investigación, Producción y Utilización**. Cali: CIATI, 1984. cap 3, p. 137-352.
- HSIAO, J. L. H. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p. 519-70, 1973.
- JACOBS, M. B. **The Chemical Analysis of Foods and Food Products**. New York: Van Nostrand, 1958. 979p.
- JESUS, V. S. Teor de carboidratos, proteínas, ácido cianídrico de dez variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) durante o primeiro ciclo. Viçosa, 1985. 64p. Dissertação (M.S.)- Universidade Federal de Viçosa.
- KASS, M. L.; ALBUQUERQUE, M.; CARDOSO, E. M. R. Concentração e métodos de eliminação de ácido cianídrico em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1., Salvador, 1979. **Anais**. Brasilia: EMBRAPA- DID, 1981. v. 2, p. 127-141.

KOCH, B.; NIELSEN, V. S.; HALKIER, B. A.; OLSEN, C. E.; MØILER, B. L.

The biosynthesis of cyanogenic glucosides in seedlings of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *Archives Biochemicals and Biophysics*, v.292, p.141-150, 1992.

KRIEDMANN, P. E. Photosynthesis and transpiration as a function of gaseous diffusive resistances in orange leaves. *Physiology Plant*, v.24, p. 218-225., 1971.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1991. 725p.

LEVITT, J. *Responses of plants to environmental stress*. New York: Academic Press, 1972. 697p.

LORENZI, J. Absorção de macronutrientes e acumulação de matéria seca para duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Piracicaba, 1978. 92p. Dissertação (M.S.)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

LORENZI, J. O.; GUTIERREZ, L. E.; NORMANHA, E. S.; CIONE, J. Variação de carboidratos e ácido cianídrico em raízes de mandioca, após a poda da parte aérea. *Bragantia*, v. 37, n.6, p. 139-144, dez., 1978.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water- limited environments. *Advances in Agronomy*, v.43, p. 107-53, 1990.

- LUTALADIO, N. B. Evaluation of cassava clones for leaf production in Zaire. In: TERRY, E. V. et al. **Tropical foot crops: production and uses in Africa**. Camarões, 1983. p.41-43.
- MACIEL, I. L. Participação da mandioca na dieta do brasileiro In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1., Salvador, 1979. **Anais** Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. v.2, p. 119-125.
- MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G.. **Fisiologia Vegetal**. 7. ed. São Paulo: EPU, 1979. v.2, n.2, p. 77-117.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MENDES, M.; COSTA, B. M.; GRAMACHO, D. D. Efeito do feno de folhas de mandioca, na alimentação de pintos. *Seiva*, v.34, n.82, p. 15-22, 1974.
- MERCK, Co. **The merck index: an encyclopédia of chemicals, drugs, an biologicals**. Rahway: Merck, 1983. p. 2164.
- MITIDIERI, J. **Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. São Paulo: Nobel, 1983. 198p.

- MOIR, R. W. The determination of oxalic acid in plants. **The Queensland Journal of Agricultural Science**, v.10, n. 1, march, 1953.
- MONTALDO, A. **La yuca: industrializacion, aspectos econômicos, empleo en la alimentacion animal, mejoramiento**. San José: IICA, 1979. 386p. (libros y Materiales Educativos, 38).
- MONTALDO, A. **Cultivo de raíces y tubérculos**. San José: IICA, 1991. 408p.
- MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Phisiology**, v.35. p 299-319, 1984.
- MOTTA, J. S.; FUKUDA, W. G.; COSTA, Z. M. A farinha da folha de mandioca: uma alternativa como complemento alimentar. **Mandioca em Foco**, v.4. p. 1-2, 1994.
- MUNNS, R. ; WEIR, R. Contribution of sugars to osmotic adjustament in elongated and expanded zones of wheat leaves during moderate water deficits at two light levels. **Australian Journal of Plant Phisiology**, v.8, p. 93-105, 1981.
- MURILLO, O. E. Valor da farinha de folhas e ramas desidratadas de mandioca na produção de leite. **Revista Agricultura**, v.28, n.9112, p. 285-290, 1953.
- NORMANHA, E. S. As folhas de mandioca servem como alimento. O Estado de São Paulo. São Paulo, 9 mar., 1966. **Suplemento Agrícola** p. 4.

- NORMANHA, E. S. A mandioca no Brasil e no mundo. In: CURSO INTENSIVO NACIONAL DE MANDIOCA, 1, Cruz das Almas: EMBRAPA- CNPMF, 1976. p 02-14.
- PASSOS, O. S.; MATTOS, P. L. P.; SAMPAIO, A. O. A mandioca como cultura empresarial: um desafio ao governo e aos empresários do Nordeste. *Mandioca em Foco*, n.2, p. 1-2, 1994.
- PAULA, M. B.; NOGUEIRA, F. D.; TANAKA, R. T. Nutrição mineral de mandioca: absorção de nutrientes e produção de matéria seca por duas cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, v.2, n.1, p. 31-49, 1983.
- PECHNICK, F.; GUIMARÃES, L. R. Sobre o aproveitamento da folha de mandioca (*Manihot* sp.) na alimentação humana. I. Teor de ácido cianídrico (resumo). In: FARIAS, A. R. N.; SOUZA, A. S.; FUKUDA, C.; SOUZA, M. P. N.; ALMEIDA, P. A.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. *Mandioca: Resumos Informativos*. Brasília: EMBRAPA- DDT, 1986. v.2, p. 201.
- PECHNICK, E.; GUIMARÃES, L. R.; PANEK, A. Sobre o aproveitamento da folha de mandioca (*Manihot* sp.), na alimentação humana. II. Contribuição ao estudo do valor alimentício. *Arquivos Brasileiros de Nutrição*, v.18 n.1-2. p. 11-23, 1962.

- PELUZIO, M. C. G. Caracterização nutricional de plasteína obtida da proteína de folha de mandioca e da caseína. Viçosa, 1993. 56p. Dissertação (M.S.)- Universidade Federal de Viçosa.
- PERIM, S.; CORREA, H. Efeitos de níveis de fósforo e de calcário na acumulação de P, Ca, Mg e Zn, pela mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), em casa de vegetação (resumo). In: FARIAS, A. R. N.; SOUZA, A. S.; FUKUDA, C.; SOUZA, M. P. N.; ALMEIDA, P. A.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. **Mandioca: Resumos Informativos**. Brasília: EMBRAPA- DDT, 1986. v.2, p. 18.
- QUICK, P.; SIEGL, G.; NEUHAUS, E.; FEIL, R.; STITT, M. Short-term water stress leads to a stimulation of sucrose synthesis by activating sucrose-phosphate synthase. *Planta*, v.177, n.4, p. 535-46, apr., 1989.
- ROCHA, Z. M. M. Estudo comparativo da tolerância à desidratação em cacauzeiro (*Theobroma cacao*, Linn) e plantas de sombreamento. Cruz das Almas, 1976. 35p. Dissertação (M.S.)- Universidade Federal da Bahia.
- ROGERS, D. J.; MILNER, M. Amino acid profile of manioc leaf protein in relation to nutritive value. *Economic Botany*, v.17, n.3, p. 211-16, 1963.
- RONDINO, E.; BANDEIRA, C. T.; GLORIA, M. M.; GUTIERREZ, L. E. Oxalato em hortaliças. In: REUNIÃO PAULISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4., e CONGRESSO DE

- INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESALQ, 7., Piracicaba, 1993.
Anais/Resumos. Piracicaba: ESALQ, 1993. p.66.
- SÁ, N. G. **Nutrição e Dietética**. São Paulo: Nobel, 1986. 174p.
- SALGADO, J. M.; BRAZACA, S. G. C. **Curso de alimentação e nutrição humana: alimentos para a saúde perfeita**. Piracicaba: FEALQ, 1995. 44p.
- SALGADO, J. M.; SANTOS, A. C. Estudo do concentrado protéico da folha de mandioca: obtenção, análises químicas e suplementação com aminoácidos. **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, v. 36, n.3, p. 438-494, 1986
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.
- THOMAS, H. Osmotic adjustment in *Lolium perene*; its heritability and the nature of solute accumulation. **Annals of Botany**, v.66, n.6, p. 521-30, nov., 1990.
- TOLEDO, F. F. Aproveitamento das folhas e das ramas de mandioca na alimentação. **Solo**, v.61, n.1, 1969.
- TREADWELL, F. P. **Manuel de Chimie Analytique**. 4. ed. Paris, 1934. v.2, p.662.
- TURNER, L. B. The extent and pattern of osmotic adjustment in white clover (*Trifolium repens* L.) during the development of water stress. **Annals of Botany**, v.66,n.6, p. 721-7, 1990.

- VIDIGAL FILHO, P. S. Efeito de *Glomus etunicatum* Bercker & Gerdeman, calagem, superfosfato triplo e níveis de zinco em mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Viçosa, 1994. 95p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa.
- VITTI, P.; FIGUEIREDO, I. B.; ANGELUCCI, E. Folhas de mandioca desidratadas para fins de alimentação humana. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, v.4, p.117-125, 1972.
- ZAGO, E. A.; AMORIM, H. V.; BASSO, L. C.; GUTIERREZ, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Métodos analíticos para o controle da produção de álcool. Piracicaba: Fermentec, 1989. 145p.
- ZEHNTNER, L. Estudo sobre algumas variedades de mandioca brasileiras. Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 1919. 112p.
- ZELITCH, I. *Photosynthesis, photorespiration and plant productivity*. New York: Academic Press, 1971. 347p.