

633.6
ANT

EXT. R-15

EXT. R-15

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENG^o FLORESTAL

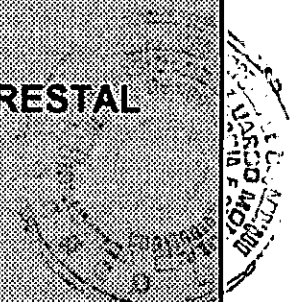
DEPT^o DE ENG^o RURAL

**TESE DE LICENCIATURA
TRABALHO DE DIPLOMA**

**TEMA: APTIDÃO DO SOLO PARA PRODUÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR EM MOÇAMBIQUE**

SUPERVISOR: ENG^o MAURITS VAN DEN BERG

ESTUDANTE: DOMINGOS ANTÓNIO



PREFÁCIO

1. Introdução
 - 1.1. Objectivos
2. Materiais e métodos
3. A situação da cana-de-açúcar em Moçambique
 - 3.1. Distribuição de área de cana
 - 3.2. Evolução da produção de açúcar
 - 3.3. Capacidade de moagem
 - 3.4. Solos, recursos hídricos
 - 3.5. Maneio
4. Aspectos fisiológicos da cana
 - 4.1. Fases de crescimento
 - 4.2. Coeficiente da cultura
5. Avaliação de terra
 - 5.1. Introdução
 - 5.2. Métodos de avaliação
 - 5.2.1. Métodos qualitativos
 - 5.2.2. Métodos quantitativos
6. Requerimentos edáficos da cana-de-açúcar
 - 6.1. Profundidade efectiva
 - 6.2. Salinidade
 - 6.3. Alcalinidade
 - 6.4. Disponibilidade de água
 - 6.5. Drenagem
 - 6.6. Estrutura

6.7. Textura

6.8. Fertilidade

6.9. Relevo

7. Condições edáficas/climáticas para cana-de-açúcar em Moçambique

8. Discussão

9. Conclusões

11. Recomendações

RESUMO

Com objectivo de analisar os requerimentos edáficos e climáticos da cana-de-açúcar e de indicar numa forma geral a existência de condições adequadas para o seu cultivo em Moçambique, foi feito um estudo de investigação da literatura existente localmente, literatura estrangeira e algumas comunicações pessoais nos locais de produção da cana-de-açúcar.

A partir das informações obtidas foram construídas tabelas que indicam numa forma tentativa os critérios para avaliação qualitativa das condições edáficas e climáticas.

Os solos actualmente usados para cana-de-açúcar em Moçambique são Fluvissoles eutricos e Vertissolos: solos dos vales dos grandes rios. Estes solos possuem alta fertilidade natural, capaz de manter a produção sem quebras até aproximadamente 2 anos.

Apesar da escassez das informações sobre a produção da cana-de-açúcar em sequeiro em Moçambique, deste trabalho pode-se concluir que existem condições adequadas climáticas e edáficas que podem ser usadas racionalmente para a introdução da cana-de-açúcar em sequeiro nas Províncias de Niassa e Zambézia sem riscos apreciáveis.

Mas isto não é confirmado com dados da prática à escala empresarial.

E para garantir melhores resultados em termos de rendimentos da produção da cana-de-açúcar nessas Províncias, deve-se aplicar fertilizantes químicos e adubos orgânicos aos solos de modo a aumentar a sua potencialidade agrícola. A quantidade de fertilizantes e adubos a aplicar dependerá das análises dos respectivos solos.

Dada a escassez de informações locais recomenda-se que se realizem: 1) ensaios para testar as variedades de cana-de-açúcar em diferentes tipos de solos e factores ambientais para observar a variação do rendimento e as variedades resistentes; 2) ensaios para testar a variação de rendimento entre a cana-de-açúcar em sequeiro e cana-de-açúcar em regadio;

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene, pertencente ao género "Saccharum", própria de climas tropicais e sub-tropicais, provavelmente originária do Sudeste da Ásia, das regiões de Assam e Bengala (Gomes & Lima, 1964).

Na actualidade a cana-de-açúcar é cultivada em todas as regiões tropicais e sub-tropicais do planeta, estendendo-se de ambos os lados do Equador, desde próximo de 35 graus de latitude Norte a 30 graus Sul (Junqueiro & Dantes, 1964).

A maioria das variedades hoje cultivadas no mundo são formas híbridas de "*saccharum officinarum* L" com outras espécies de características mais rústicas como *Saccharum robustum* Brande.

A cana-de-açúcar como sistema produtivo é constituído basicamente por um sítio de produção, representado pelas folhas fotossinteticamente activas, um sistema de escoamento e distribuição do produto fotossintetizado, vários sítios de consumo (raízes, colmos folhas jovens, tecidos meristemáticos e órgãos reprodutores), e um sítio de armazenamento de sacarose, representado pelos vacuolos das células dos internódios dos colmos.

A eficiência da integração destes sistemas determina a produtividade da cultura. Como sistema biológico sua dinâmica é influenciada, tanto por factores intrínsecos à planta (genéticos e fisiológicos), como pelo ambiente (Machado, 1987) referido por Paranho. Assim, a cana-de-açúcar como qualquer cultura, para o seu crescimento e desenvolvimento necessita da água, nutrientes, condições climáticas favoráveis e uma série de outras condições. Deste modo surge a necessidade de fazer um inventário das terras aptas para a cana-de-açúcar em Moçambique.

Uma pré-condição para poder fazer tal inventário é de identificar de maneira mais objectiva possível quais são os requisitos ambientais (edáficos e climáticos) da cultura e quais são as condições (qualidades) que as terras oferecem para satisfazerem estes requisitos.

Existe uma vasta literatura sobre a cana-de-açúcar, porém, as informações nelas contidas são dispersas, não são sistematizadas, muitas vezes com validade restrita a uma região específica.

Neste trabalho pretende-se apresentar os dados relativos aos requerimentos edáficos e climáticos da cana-de-açúcar, duma maneira sistemática e sucinta, de modo que possam servir para modelos de avaliação de aptidão das terras moçambicanas para esta cultura.

1.1 Objectivos

a) Analisar dados de requerimentos edafo/climáticos de cana-de-açúcar;

b) Comparar, de maneira generalizada os requisitos de cana-de-açúcar com as condições edafo-climáticas em Moçambique;

2 Materiais e Métodos

Sendo o primeiro trabalho do género em Moçambique, depara-se com muitas dificuldades. A montagem de um ensaio é bastante difícil por falta de condições. Assim, este trabalho será basicamente um inventário e uma compilação dos dados existentes.

Para conseguir os objectivos utilizar-se-á as seguintes técnicas: Revisão bibliografica; selecção e compilação dos dados; viagens a alguns locais de produção de cana-de-açúcar; análise de ensaios realizados anteriormente sobre a cana; troca de impressões com técnicos ligados à área; estudo de mapas de solo do I.N.I.A..

Este trabalho consiste principalmente numa revisão de literatura e compilação das informações obtidas. Recolha de informações na literatura, principalmente da África Austral, que eventualmente possa ser testado numa área piloto escolhida em Moçambique.

Também foram feitas as consultas e troca de impressões com técnicos ligados ao cultivo da cana-de-açúcar e manejo do solo.

Os métodos usados para este trabalho, foram diversificados devido a algumas dificuldades, pois foi o primeiro trabalho do género e não foi encontrada muita literatura, informações das investigações científicas realizadas no país (nacionais), nem revistas e nem jornais. Assim, fez-se a selecção de diferentes trabalhos no computador, usando programa COBOL que contém pacote de CDROM. Em seguida foi feita a pesquisa dos dados encontrados dos requerimentos para cana-de-açúcar e posteriormente fez-se a selecção e compilação dos dados consoante as suas influências directa ou indirecta sobre a cana-de-açúcar.

Entretanto foram consideradas algumas informações existentes nas Instituições como I.N.A., I.N.I.A. e locais de cultivo de cana-de-açúcar: Incomati, Maragra, Marromeu, Búzi, Luabo e Mafambisse, visita efectuada em 1994.

Consultou-se mapas de solos no I.N.I.A (mapas de distribuição dos solos de Moçambique feitos na escala de 1:250.000 das Províncias de Maputo e Gaza e de 1:1.000.000 para o resto do País, para análise das características, qualidades e propriedades físicas/ químicas dos solos.

3. A situação da cana-de-açúcar em Moçambique.

3.1. Distribuição da área da cana

A produção açucareira na República de Moçambique é realizada em seis complexos açucareiros cuja localização é como se segue:

Na Província do Maputo temos complexo de Maragra no Distrito de Manhiça no Vale do Rio Incomati cerca de 70 Km a norte da cidade de Maputo e a Açucareira de Xinavane, SARL (Incomati) no Distrito de Xinavane cerca de 110 Km da cidade de Maputo. No centro e norte temos a Companhia do Buzi, SARL no Distrito de Buzi, a Açucareira de Moçambique, SARL no Distrito do Dondo localidade de Mafambisse, Empresa Açucareira (a extinta Sena Sugar Estates Lda) com dois complexos localizados no vale do Rio Zambeze, um na Província de Sofala, em Marromeu e outro na Província da Zambézia, em Luabo.

As três companhias paralisadas nomeadamente Ex-S.S.E.L. (Marromeu e Luabo), Maragra e a Companhia do Buzi encontram-se neste estado por terem ocorrido danos graves nas suas infra-estruturas produtivas provocados por sabotagens durante a guerra. As restantes (Incomati e Açucareira de Moçambique) continuam operacionais, mas com aproveitamento muito baixo da capacidade instalada.

3.2. Evolução da produção de açúcar

Antes da independência, as Empresas Açucareiras eram propriedades privadas, ligadas às grandes Companhias Internacionais. A situação produtiva das Empresas era relativamente estável. Foi nesse período que se registou a máxima produção nacional, 326.000 toneladas de açúcar em 1972, produção correspondente a 80% da capacidade instalada de 360.000 toneladas.

Em 1976, 1º ano depois da Independência Nacional, atingiu-se a produção de 231.700 tons que constitui a máxima produção da República de Moçambique, até à data. A diminuição da produção é demonstrada na Tabela 1, ilustrando os dados desde 1975 até 1993. Verifica-se que a partir de 1975, a produção começou a denotar uma tendência decrescente que se foi acentuando, a partir da década de 80, até atingir o nível actual de produção de 15.000 toneladas em 1993.

Hoje em Moçambique quase todo o açúcar consumido é importado atingindo o valor de 427.436 ton/ano (INA, 1975) o que corresponde a 90% do consumo interno. Por isso, a recuperação das fábricas açucareiras é necessária para satisfação da demanda crescente do açúcar e para evitar evasão de divisas do país.

A queda da produção de cana sacarina em Moçambique deveu-se a muitos factores, tanto sócio-políticos como ambientais (INA, 1975).

Sócio-políticos são os conflitos que culminaram com luta armada. Entre os factores ambientais (edáficos) destacam-se, a degradação dos solos e das estruturas de captação dos recursos hídricos para rega e drenagem.

Mesmo se fossem recuperadas todas as fábricas açucareiras e as grandes extensões de terras ocupadas, não seriam satisfeitas as necessidades actuais de procura de açúcar, pois a procura actual deste produto tende a crescer cada dia que passa devido ao regresso massivo da população que havia sido deslocada para os países vizinhos durante o conflito armado.

Na situação actual, pós guerra, é necessário fazer inventário da terra disponível existente para o seu uso adequado, pois com o aumento da população impõe-se a necessidade de conhecer as terras férteis e sua localização para melhor proceder à distribuição das mesmas.

As terras que outrora mantinham a capacidade de instalação das fábricas, actualmente encontram-se abandonadas e algumas delas em estado degradado devido à erosão eólica e hídrica.

Pressupõe-se que, actualmente, com o fim da guerra, uma parte das grandes extensões de terras pertencentes às companhias açucareiras está sendo ocupada pela população regressada.

Por isso, para além de recuperação das fábricas de cana-de-açúcar, também deve-se evidenciar esforço tendente a estender a área de exploração para melhor satisfação das necessidades de procura no país.

Tabela 1 ilustrando o decréscimo de rendimento agrícola.

O RENDIMENTO AGRICOLA 1975/1993

Ano	Produção de cana			
	Área cortada (HA)*1000	Rend. Agrícola (TON/HA)	Cana Moida (TON)	Açúcar produz. (TON)*1000
1975	35.96	63.9	2.297.8	231.74
1976	38.23	54.4	2.079.6	216.07
1977	32.94	49.1	1.617.4	156.73
1978	30.00	59.8	1.890.3	189.10
1979	44.40	46.7	2.111.9	211.50
1980	39.70	43.1	1.715.0	170.40
1981	32.90	55.4	1.823.0	177.72
1982	34.60	43.7	1.514.0	125.73
1983	21.80	40.0	820.00	73.71
1984	14.00	35.0	490.70	39.25
1985	9.20	30.0	276.00	16.23
1986	5.90	33.0	194.7	19.43
1987	6.14	37.1	227.8	19.23
1988	4.92	44.8	220.4	24.40
1989	5.28	48.0	253.4	31.70
1990	8.12	45.0	365.4	24.60
1991	6.90	37.0	255.3	13.22
1992	4.17	38.0	158.5	31.70
1993	4.21	37.1	155.2	15.00

Fonte: A. Barros Santos 1993

3.3. Solos e recursos hídricos

Os solos mais comuns das áreas onde actualmente se realiza o cultivo de cana em Moçambique são FluviSSolos Eutricos: solos de vales dos grandes rios, como Zambeze, Incomati e Púngue. São solos de alta fertilidade natural, situados perto dos rios, que podem ser irrigados, mas podem ter lavoura difícil e por vezes apresentam problemas de excesso de água e/ou salinidade. Outros solos comumente usados para cana são os Vertissolos: solos argilosos muito pesados de cor cinzento e negro, imperfeitamente drenados e de difícil lavoura (Voortman, 1985). Nas épocas das cheias, muitos destes solos ficam alagados. Os sedimentos transportados pelos rios ficam depositados e incorporados nesses solos que assim, mantém sua potencialidade para produção de cana-de-açúcar. Alguns destes solos se localizam na faixa entre rio Zambeze e a capital distrital de Mopeia estendendo para localidade de Luabo.

Os sistemas de produção actualmente usados para cana-de-açúcar em Moçambique não apresentam muitos problemas de falta de água graças à captação das águas dos rios para rega. Só se pode notar a falta nos períodos muito prolongados de seca como recentemente tem ocorrido em várias regiões do país.

Do Norte até ao Sul de Moçambique temos, actualmente cerca de 10 rios de águas permanentes e não permanentes que podem ser aproveitadas para o consumo e rega dos campos de cana-de-açúcar. No centro temos o rio Zambeze cujas águas abastecem os campos de cana de S.S.E.Lda do Luabo e Marrromeu e em Sofala é o rio Púngue que alimenta os campos de cana de Mafambisse. No Sul, os dois complexos açucareiros são abastecidos pelo rio Incomati.

De um modo geral, os solos usados para o cultivo de cana-de-açúcar em Moçambique têm problemas de salinidade que tendem a agravar-se nos últimos tempos devido à falta de medidas adequadas de combate (INA, 1975). A salinidade destes solos é devido a vários factores, como a invasão das águas do mar, inundações, rega usando águas salinas, subida (ascensão capilar) para as camadas superficiais dos sais acumulados no subsolo e insuficiência de sistema de drenagem e clima seco com elevada evaporação.

Em Maragra por exemplo, existem muitas áreas com problemas sérios de salinidade, o que pode vir afectar o rendimento da cana-de-açúcar caso não se tome medidas adequadas, como por exemplo a lixiviação dos sais.

O lençol freático dos solos da área de cultivo de cana-de-açúcar em Sabié está entre 2.2 à 2.3 m de profundidade com as águas muito salinas. Uma área de 23.000 ha na açucareira de Mafambisse é banhada pela bacia hidrográfica do rio Púngue cujas águas são utilizadas para regar os campos de cana-de-açúcar do complexo, os solos mais comuns são halomorficos (Solonchak) e aluviSSolos (FluviSSolos) (Lopes, 1994).

Actualmente os sistemas de rega e drenagem na alguns complexos açucareiros encontram-se danificados, com grande parte das infra-estruturas destruídas, como é o caso de Luabo, Marromeu e Buzi.

3.4. Maneio

Uma parte das actividades, relacionadas ao cultivo da cana nomeadamente lavoura e gradagem são mecanizadas. O plantio e colheita podem ser mecanizadas ou manuais depende de implementos existentes. A mão-de-obra é principalmente usada para sacha e corte da cana durante a campanha da colheita.

O sistema de rega mais comum usado nas companhias açucareiras, é a rega por aspersão. Pouco se usa o sistema de rega por gravidade por este ser muito dispendioso em água. O sistema de drenagem usada é drenagem artificial, superficial (canais), pois a drenagem natural não é eficiente em termos de capacidade de reduzir o excesso da água na zona radicular da cana-açúcar.

De acordo com as necessidades de cana-de-açúcar em nutrientes usa-se fertilizantes químicos, correctivos com base da análise do solo. A aplicação de azoto, fósforo e potássio promove um aumento apreciável no peso do sistema radicular, A. Barros Santo (1993). A aplicação de fertilizantes químicos depende dos sintomas de carências nutricionais manifestado pelo aspecto fisiológico da cana-de-açúcar. E para o combate de pragas aplica-se pesticidas e fungicidas.

4. Aspectos fisiológicos da cana

4.1 Fases de crescimento

As fases de crescimento duma cultura são diferentes estágios pelas quais a cultura passa desde a fase inicial até a sua maturação. Cada fase tem exigências específicas hídricas e nutritivas.

Na cana-de-açúcar pode-se distinguir as seguintes fases, indicadas na tabela 2:

Tabela: 2 fases de crescimento da cana-de-açúcar

Fase inicial	vegetativa	Desenvolvimento máximo	Maturação
10-30 dias	150-350 dias	70-200 dias	50-70 dias

Fonte: Kuyper, 1952, (referido por Doorenbos, 1979)

A fase inicial é a fase em que a estaca de cana-de-açúcar é colocada no solo, começa adaptar-se e inicia a sua germinação através dos gemas, e o começo de saída das raízes.

A humidade do solo é normalmente suficiente para a germinação sem necessidade de regar, pois nesta fase há pouca exigência da água assim como dos nutrientes porque ainda há reservas que podem ser consumidas durante a germinação.

A fase vegetativa é a fase que começa na emergência da plântula e que inclui o início da formação foliar capaz de realizar a fotossíntese. Nesta fase a planta é mais exigente em termos de nutrientes e água. Esta fase vai até a cana formar um suporte vegetativo bem constituído e tem a duração de 150 a 350 dias dependendo da variedade e das condições ambientais.

Na fase de desenvolvimento máximo, a planta é mais vigorosa e inicia a produção de sacarose. Nesta fase as exigências de nutrientes e água diminuem porque os colmos têm maior quantidade de matéria seca e as raízes são bem profundas.

A fase de maturação é a fase na qual a planta apresenta maior acumulação de sacarose. No fim desta fase alcança-se o teor máximo de sacarose e as folhas da base começam a secarem e algumas a caírem. Segue-se a colheita dos colmos do campo para a fábrica.

Em geral a floração não é consentida pois diminui a formação de sacarose na cana-de-açúcar devido a deslocação e uso de carboidratos dos nutrientes para a formação das sementes.

A intensidade da floração de campo de cana-de-açúcar está em relação às condições climáticas que reinam durante o período vegetativo. O florescimento é muito sensível ao fotoperíodo e a temperatura. Noite com duração de 11.30 h e aumentando para 12.00 h, é favorável à indução do florescimento. A temperatura influi na iniciação floral. Temperaturas nocturnas, abaixo de 15° C, antes ou durante o florescimento podem causar abortos de antena, tornando as variedades mancho estéreis.

4.2 Coeficiente da cultura (Kc)

A taxa de evapotranspiração máxima (ET_m), calcula-se através da equação: $ET_m = K_c * E_{to}$, onde E_{to} - é evaporação duma superfície da água.

K_c é dependente do albedo da cultura, do período de crescimento, do clima e da área sob a cultura.

OS métodos de determinação de (E_{to}) são:

- Métodos baseados no princípio da conservação da massa;
- Métodos meteorológicos;
- Métodos de Penman;
- Formulas empíricas

O valor do coeficiente da cultura varia com as fases de desenvolvimento e a morfologia da cultura, de acordo com Doorenbos & Kassam (1979). Segundo Kofller (1989), o valor de coeficiente da cultura também varia com a velocidade do vento e a humidade. A Tabela 3 ilustra a variação dos valores de K_c nas diferentes fases.

Tabela 3 Valores de coeficiente da cultura (Kc).

Idade da cultura		Fases	Humid. relat. »55%		Humid. relat. «55%	
cana-planta 24 meses	cana-soca 12 meses		vento leve a moderada	vento forte	vento leve a moderada	vento forte
0-2,5	0,1	Plantio até 25% de cobertura	0,55	0,60	0,40	0,45
2,5-3,5	1-2	25 a 50% de cobertura	0,80	0,85	0,75	0,80
3,5-4,5	2-2,5	50 a 75% de cobertura	0,90	0,95	0,95	1,0
4,5-6	2,5-4	75 a 100% de cobertura	1,00	1,10	1,10	1,2
6-17	4-10	consumo máximo	1,05	1,15	1,25	1,3
17-22	10-11	senescência	0,8	0,85	0,95	1,05
22-24	11-12	maturação	0,6	0,65	0,70	0,75

Fonte: (Koffler, 1989)

A tabela 3 é o resumo das médias dos valores das fases de crescimento e valores de coeficiente da cultura.

5. Avaliação de terras

5.1. Introdução

A avaliação de terras, de acordo com STUART (1968), referido por Mcrae, é a determinação da conveniência da terra para uso do homem em agricultura, floresta, engenharia, hidrologia, recreação e outros. A avaliação da terra envolve a definição comparativa do valor total das áreas individuais da terra para o uso considerado.

Um solo é apto para uma determinada cultura se possuir qualidades suficientes que sustentam o crescimento da cultura sem riscos inaceitáveis e mantém boa produção com "inputs" justificáveis (McRae & Burnham 1981).

Até há pouco tempo, o processo de avaliação de terra era feito "manualmente" e baseava-se em grande parte em "expert judgements" e em métodos paramétricos: equações simples que consistem em combinar propriedades de terras matematicamente para produzir (por exemplo) uma índice de produtividade.

Actualmente existem computadores com programas que podem conectar bancos de dados contendo informações detalhadas de recursos naturais, com um sistema de informações geograficas (SIG), obtendo assim uma poderosa ferramenta para manipular e visualizar dados básicos que podem ser integrados em mapas de aptidão agrícola.

5.2 Métodos de avaliação

Os métodos de avaliação terra podem ser subdivididos em métodos (quantitativos, qualitativos e paramétrico)

5.2.1. Métodos qualitativos

A avaliação qualitativa é aquela em que a conveniência relativa é expressa só em termos qualitativos sem fazer os cálculos exactos de custo e do retorno.

A avaliação qualitativa é baseada principalmente no potencial produtivo físico da terra. Os aspectos económicos geralmente são presentes apenas como um fundo que auxilia. A avaliação qualitativa é comumente empregue em estudos de reconhecimento e auxilia à estimação das largas áreas sobre aptidão agrícola e o uso apropriado das terras (FAO, 1984).

Estrutura da avaliação da aptidão da terra

Para este trabalho a classificação das terras recorreu-se á obra intitulada Framework for Land Evaluation (FAO, 1976).

O "Framework" reconhece três categorias de aptidão: ordem, classes e subclasses de aptidão.

As ordens de aptidão da terra: referem às terras aptas e não aptas para a agricultura:

S- terras aptas; terras que podem ser usadas com poucos custos, sem riscos consideráveis.

N- terras não aptas; terras que têm limitações que impedem o uso sustentável.

As classes de aptidão da terra: referem aos graus de aptidão dentro das ordens.

S1-0 muito apta, S1-1 apta, S2 moderadamente apta, S3 marginalmente apta, N1 actualmente não apta para agricultura e N2 permanentemente não apta.

As subclasses de aptidão da terra: referem à natureza das qualidades, limitações e às principais medidas de melhoramento requeridas dentro das classes. As subclasses são indicadas por letras minúsculas, por exemplo S2m, S2e, S2me que significam respectivamente subclasses de solos aptos com limitantes, deficiência de nutrientes e outras limitações por exemplo solos mal drenados.

Factores que caracterizam um solo com aptidão boa são: riqueza em nutrientes essenciais às plantas; boas propriedades físicas; água disponível suficiente para o bom crescimento dos vegetais; teor adequada de matéria orgânica decomposta; pH adequado e escassez de pragas e moléstias.

Qualidades da terra, requisitos de uso e "matching"

O levantamento e cartografia dos recursos naturais, incluindo os aspectos climatológicos, constituem informações relevantes sobre a qualidade e aptidão das terras para o seu uso na agricultura.

A terra como um meio de todas actividades do homem, deve possuir qualidades necessárias que assegurem o crescimento e desenvolvimento das culturas de modo que não haja a quebra da produção. A cana-de-açúcar como qualquer cultura, necessita de nutrientes, água disponível, um solo com boa textura que armazene água, boa aeração e poroso de modo a permitir a infiltração e drenagem, estrutura que possa impedir o desenvolvimento radicular profundo.

Durante o estudo por meio de observações do uso actual das terras e também considerando as características do clima e do solo, pode-se já definir melhor os potenciais tipos de utilização da terra.

A partir disto, pode-se definir quais os requisitos ou exigências que estes usos têm em termos de clima e do solo. Depois fazemos a comparação "matching", entre estas exigências e as qualidades da terra. Esta comparação permite-nos definir o grau em que as exigências dos tipos de utilização são satisfeitas pelas qualidades da terra.

Depois desta classificação da aptidão física, deve-se considerar os aspectos económicos das várias alternativas de desenvolvimento bem como a distribuição do uso actual das terras, que pode impedir a execução de planos. Com base nisso, pode-se decidir sobre o futuro desenvolvimento da zona em consideração.

Um exemplo de como os solos podem ser classificados quanto à sua aptidão para a cultura da cana-de-açúcar encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 Exemplo de critérios para avaliação qualitativa da aptidão dos solos para cana-de-açúcar.

Características	Classes de aptidão			
	Apta (S1)	Moderad./apta (S2)	Marginal./apta (S3)	Inapta (N1)
Profund. efectiva	profunda	média	rasa	muito rasa
Textura	argilosa	média	arenosa	muito arenosa
Relevo	plano/suave ondulado	ondulado	forte ondulado	montanhosa
Fertilidade	muito alta	média	muito baixa	
Drenagem	boa	moderada	imperfeita	excessiva
Impedimento à mecanização	ausente	média	forte	muito forte
Susceptibilidade à erosão	baixa	média	alta	muito alta

Fonte: Paranho (1987)

5.2.2. Métodos quantitativos

A avaliação quantitativa é aquela em que a distinção entre as classes é definida em termos numéricos, permitindo assim comparar objectivamente dentro de classes relativas as diferentes qualidades do uso da terra. Também na análise numérica dos aspectos físicos dos sistemas de avaliação pode-se considerar o risco de erosão, produtividade, risco de salinidade etc.

Normalmente, a classificação quantitativa envolve consideravelmente o uso do critério económico, comparação dos benefícios materiais e as entradas de factores de produção requeridos nos vários tipos de terra. Deve-se comparar a quantidade de trabalho, a quantidade de adubos e o seu custo, etc, com a quantidade do produto obtido e o seu valor económico. (FAO, 1984).

Entre os métodos quantitativos distinguem-se os métodos paramétricos e os baseados na análise de sistemas.

Métodos paramétricos

Os métodos paramétricos podem ser considerados como transição dos métodos qualitativos. Os métodos paramétricos baseiam-se em "expert judgement" e modelos matemáticos estatísticos e através destes pode-se calcular, por exemplo, um índice de suficiência da profundidade do solo ou um índice de produtividade.

Índice de profundidade (Riquier, 1974): referido por Doorembos & Kassam.

$$SDI = (1 - \exp(-X * SD)) \quad (1.1)$$

Onde:

SDI é índice de suficiência da profundidade do solo (um valor entre 0 e 1).

X é coeficiente específico da cultura (1/cm)

SD é profundidade do solo (cm)

O índice da produtividade do solo é um método simples para avaliar a conveniência dos solos como um substrato para o crescimento das culturas. O índice de produtividade do solo é baseado em vários factores físicos e químicos que são examinados para cada camada do solo. Para minimizar a colecção dos dados, usa-se o menor número possível dos factores do solo que ainda possam dar um resultado razoável e acreditável.

Um exemplo duma índice de produtividade do solo, é a equação de (Neill, 1979) (Referido por Drissen)

$$PI_{\text{solo}} = \sum_{i=1, n} (A_i * C_i * D_i * E_i * WF_i) \quad (1.2)$$

Onde

PI_{solo} é índice de produtividade do solo
 A_i é suficiência da capacidade disponível de água da camada i
 C_i é suficiência da densidade volumétrica da camada i
 D_i é suficiência do pH da camada i
 E_i é suficiência da conductividade eléctrica da camada i
 WF_i é factor de ponderação por camada i
 n é número das camadas consideradas no calculo

Métodos baseados em análise de sistemas

Estes métodos podem compreender dois aspectos de análise:

- A análise é baseada em relações casuais entre o comportamento do sistema e seu ambiente.
- A análise deve ser dinâmica.

O objectivo deste subcapítulo é demonstrar com um exemplo os princípios da análise dinâmica de sistemas de terra para produção da cana-de-açúcar. O problema a solucionar neste exemplo é simples: Será que a qualidade de terra "a disponibilidade de água durante o período do crescimento" permite o crescimento com sucesso, da cana-de-açúcar. Para produção da cana-de-açúcar é necessário pesquisar os recursos hídricos possíveis para captação das águas para rega.

A bacia hidrográfica é uma unidade de superfície onde toda a precipitação caída dentro dos divisores segue uma via de escoamento para o mesmo rio. A bacia hidrográfica contribui o caudal dum rio.

Equação do balanço hídrico da bacia durante o tempo compreendido entre i e $i+$.

$$H_{i+} = H_i + P_i + R_i - Ro_i - ET_i + C_i - D_i \quad (1.3)$$

Onde

H_{i+} é água presente na bacia no fim do intervalo i
 H_i é água presente na bacia no início do intervalo i
 P_i é precipitação durante o intervalo i
 R_i é escoamento superficial (entrada) durante o intervalo i
 Ro_i é escoamento superficial (saida) durante o intervalo i
 ET_i é evapotranspiração durante o intervalo i
 C_i é capilaridade durante o intervalo i
 D_i é drenagem durante o intervalo i

Cada um dos termos desta equação ou é medido directamente (p.e. precipitação) em cada intervalo i , ou pode ser calculado em base do estado actual do sistema (H_i), parâmetros que são características do sistema (p.e. porosidade do solo) e outras variáveis mensuráveis (p.e. temperatura). Para o cálculo no seguinte intervalo ($i+1$) substitua-se a solução da equação H_{i+} , no lugar de H_i da mesma equação e reinicia os cálculos.

6. Requerimentos edáficos e climático da cana-de-açúcar

A estabilidade e o desenvolvimento da cana-de-açúcar depende do solo, pois o solo é o meio do seu apoio e sustento. Para além dos outros factores que influenciam o crescimento da cana-de-açúcar, o solo fornece à cana-de-açúcar elementos nutricionais essenciais como azoto, o fosforo e o potássio. A cana-de-açúcar usa pequenas quantidades desses elementos minerais junto com o gás carbono (CO_2) do ar e água como matéria prima para fabricar as demais substâncias de que necessitam.

6.1 Profundidade efectiva de enraizamento

A profundidade efectiva do solo pode ser definida como a profundidade até a qual o crescimento das raízes da cana-de-açúcar não é restrito. A profundidade efectiva é determinada por factores como a presença de camadas cimentadas, tóxicas ou compactas, mudança textural abrupta, rocha dura, ou camadas endurecidas de cascalho. Um lençol freático elevado também pode limitar o crescimento de raízes.

A cana-de-açúcar, para resistir à seca deve possuir o sistema radicular longo e extenso de modo a alcançar as camadas mais profundas deste modo podendo obter maior volume de exploração como também permita obter maior quantidade de nutrientes disponíveis.

As raízes desempenham as funções de absorção e fixação. A absorção da água e dos elementos nutricionais se efectua através de pêlos radiculares. Distinguem-se três tipos de raízes na cana-de-açúcar nomeadamente raízes superficiais, as raízes de apoio ou de fixação e as raízes grossas mais profundos Fauconnier & Bassereau (1975).

As raízes superficiais são ramificadas e funcionam como absorventes e as restantes raízes têm com principal função a fixação e de dar maior capacidade de extrair água e elementos nutricionais das camadas mais profundas do solo Fauconnier & Bassereau, (1975). Estas raízes podem atingir até cinco metros de profundidade Fauconnier & Bassereau (1975). A eficiência de absorção de água e nutrientes pela planta está directamente ligada à distribuição e localização do sistema radicular.

O sistema radicular também é uma característica varietal e se distribue pelo perfil do solo, conforme a maior ou menor disponibilidade de água.

Em estudos realizados na África do Sul por Thompson (1967), concluiu-se que a eficiência de utilização da água depende da profundidade de enraizamento e do grau de proliferação das raízes através do volume do solo. A distribuição das raízes em profundidade no solo numa cana-de-açúcar adulta sem irrigação é mais ao menos: 50% de raízes nos primeiros 25 cm e 90% em os 60 cm superficiais (Fauconnier, 1975).

Sousa (1976) referido por Paranho, estudando a irrigação por sulcos de infiltração de cana-de-açúcar, em Araras, (SP Brasil) concluiu que nos primeiros 60 cm de solo se encontram 82% das raízes da cana irrigada, e 75,2% das raízes de uma cana não irrigada.

Em condições favoráveis as raízes são mais superficiais, mais largas, menos ramificadas e seus pêlos absorventes são os elementos característicos para o crescimento vegetativo mais vigoroso da cana-de-açúcar.

O desenvolvimento das raízes no sentido vertical pode ser restringida por barreiras "absolutas", como por exemplo rocha dura, mas também pode depender de restrição relativa, como por exemplo uma camada compacta.

Em campo experimental, na Índia, a compactação de ambas camadas de superfície e subsuperfície do solo causou um decréscimo em actividades específicas das raízes da cana-de-açúcar. O efeito era mais grave com a camada superficial do que com a compactação da subsuperfície. Também a compactação da superfície causou emaranhamento das raízes e uma perda em penetração vertical das raízes. A perda de actividade das raízes devido ao efeito de emaranhamento não é compensada pelo crescimento lateral das raízes.

A tabela 5 mostra a classificação tentativa de classes de profundidade efectiva do solo para cana-de-açúcar.

Tabela 5 classificação tentativa de profundidade efectiva para cana-de-açúcar

Classes	Profundidade (cm)
Boa	> 120
Regular	60-120
Restrita	30-60
Inapta	< 30

Fonte: KOFFLER, 1989

6.2 Salinidade

A água dos solos salinos contém uma série de sais dissolvidos, limitando o crescimento das culturas pela dificuldade da absorção de água pelas raízes, a toxicidade e/ou desbalanço nutricional.

A conductividade eléctrica do extracto da pasta saturada do solo (CEe) utiliza-se para indicar a salinidade do solo Fauconnier, (1975). A CEe serve para indicar o grau de salinidade pois a capacidade de água para transmitir electricidade é directamente relacionada com a actividade de iões presentes na solução.

A salinidade produz efeitos diferentes desde da redução da produção até a morte da cultura. Há culturas tolerantes e moderadamente tolerantes dependendo de mecanismos fisiológicos de combate ao excesso de sais no organismo da cultura Fauconnier, (1975).

A cana-de-açúcar é uma cultura moderadamente sensível à salinidade. A Tabela 6 mostra o decrescimento da produção da cana-de-açúcar, numa forma geral com aumento da salinidade, indicado por Doorenbos & Kassam (1979).

De acordo com Fauconnier (1975) a tolerância da cana-de-açúcar à salinidade varia segundo a sua idade. O período de germinação é muito sensível ao sal. A gema terminal se desenvolve, mas as raízes se formam mal ou, simplesmente, não se desenvolvem. Em idade adulta, tolera coeficientes de salinidade bastante elevadas, entretanto a qualidade de sacarose é má e a produção reduz-se drasticamente.

Na experiência realizada no campo em Nakambala (Zambia) por Daka (1984) numa área de 15.000 ha sobre a diminuição da produção de cana-de-açúcar com aumento, e CEe, achou-se uma redução da produtividade da cana entre 10 e 35%, supostamente relacionada com salinidade. Os valores máximos de CEe em perfis de alguns campos de cana chegaram até 12mmho/cm na camada 80-105 cm.

A partir das informações exposta acima, elaborou-se a tabela 7 que mostra as limitações da Cee em relação a cana-de-açúcar.

Tabela 6 Diminuição da produção de cana-de-açúcar com aumento de salinidade.

CEe mmho/cm	Redução de produção
1.7	0%
3.3	10%
6.0	25%
10.4	50%
18.6	100%

Doorenbos & Kassam (1979).

Tabela: 7 Classificação tentativa dos níveis críticos e das limitações da salinidade no solo.

Cee (mmho/cm)	Limitações
< 1.7	Sem
1.7- 3.3	fraca
3.3- 6.0	Moderada
6.0- 10.4	Forte
> 10.4	Muito forte

6.3 Alcalinidade e sodicidade

Os solos alcalinos têm pH usualmente entre 8,5 e 10, conductividade eléctrica (CEe) menor que 4mS/cm e percentagem de sódio trocável (PST) maior que 15%. São os solos Alcali-negro ou Solonetz, grande grupo de solos halomórficos, com uma camada superficial maciça, sem estrutura, seguida por outra camada com uma estrutura colunar, escura, dura, em regra muito alcalina. Solos alcalinos podem resultar da lixiviação de solos anteriormente salinos-sódicos sem correctivos químicos e a falta de uma fonte de Ca(p.e.gesso) no solo ou na água de rega Boer (1991). Este tipo de solo não é apropriado para o cultivo de cana-de-açúcar porque é impermeável à água e/ ou ar, apresenta má drenagem e acumulação de água superficial que prejudica o desenvolvimento da cultura.

A percentagem do sódio de troca, (PST) a parte do complexo de adsorção de solo ocupada por sódio, exprime-se como segue:
 $PST = 100 * \text{sódio de troca (me/100 g solo)} / \text{capacidade de troca catiónica (me/100 g solo)}$ (BOER, 1991).

Os iões de sódio têm efeitos indirectos sobre a cana, pois eles influenciam sobretudo a estrutura do solo, reduzindo o seu coeficiente de infiltração e, portanto, a sua conductividade hidráulica e a permeabilidade.

Os solos sódicos não salinos têm CEe < 4 mS/cm e PST > 15%.

Para o aproveitamento destes solos e a gestão dos mesmos para um uso sustentável é recomendada a produção das culturas resistentes a inundações prolongadas. A tabela 8 mostra a classificação tentativa dos níveis de sodicidade e as limitações para cana-de-açúcar.

Tabela 8 de classificação tentativa do nível de sodicidade e as limitações e relação a cana-de-açúcar.

PST	Limitações
< 10	Sem
10-12	Fraca
12-15	Forte
> 12	Muito forte

6.4 Disponibilidade de água

A água disponível está relacionada com a capacidade do solo de armazenar a água, a evapotranspiração e a precipitação efectiva antes e durante o período de crescimento.

Os efeitos do déficit hídrico na cultura da cana-de-açúcar, sobre a produção tanto da biomassa total como de açúcar, variam muito em função da fase do ciclo fenológico da cultura, como também da intensidade e duração dos períodos secos (Paranhos, 1987). Os efeitos de seca na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar é evidenciada por vários autores, mostrando que a actividade fotossintética é extremamente reduzida se o teor de água nas folhas atingir o ponto de emurchecimento (Fauconnier, 1975). Para o ciclo de cana-soca, o período mais sensível é o estágio inicial de crescimento (1º ao 4º mês) Paranhos, (1987).

Muitos autores referem que um período de seca nas últimas semanas antes da colheita é benéfico, pois estimula a formação e concentração do açúcar no colmo Fauconnier & Bassereau, (1975).

No solo, pode-se distinguir três "tipos" de água, gravitacional, capilar e higroscópica. A água gravitacional perde-se pela força de gravidade, não é aproveitada pela planta, a água capilar é a que a cana pode usar sem muitos "esforços", a água higroscópica é fortemente retida pelas forças matriciais do solo, sendo assim, muito difícil de ser usada pelas plantas.

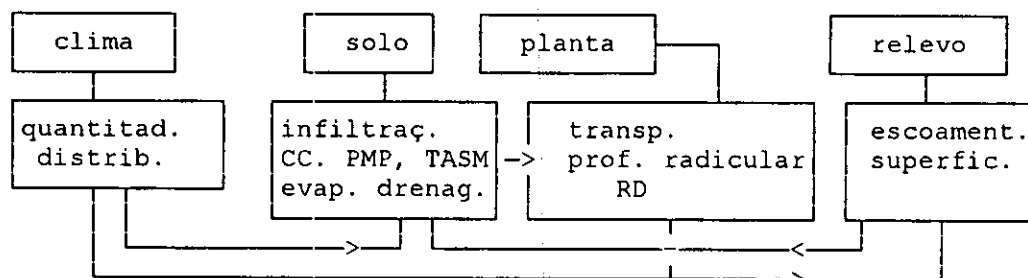
As necessidades globais de água para a cana-de-açúcar podem ser estabelecidas através da avaliação da evapotranspiração potencial (ETP) da cana-de-açúcar. A ETP pode ser calculada a partir dos dados meteorológicos e fenológicos, utilizando as fórmulas de Penman, Thornwait, Turc ou Blaney-Criddle. A fórmula de Penman parece mais exacta, pois intervém numerosos dados. A quantidade teórica de água que é necessária proporcionar à cana mediante a rega é igual à diferença entre evapotranspiração média da cultura e a precipitação efectiva. Sok Saing (1979) resumiu o calculo como mostra equação 3.1.

$$NR = ETC - Pr * 80\% \quad (3.1)$$

Onde

- NR é necessidade de rega
- ETC é evapotranspiração da cultura = $Kc * ETo$
- Pr*80% é precipitação efectiva

Figura 1 Interação entre factores climático, edáfico, topográfico e a planta que determina a disponibilidade de água.



$$TASM = (SMFC - SMPWP) * RD$$

Onde:

CC ou SMFC é a capacidade do campo (cm)
 PMP ou SMPWP é ponto de emurchecimento permanente (cm/cm)
 TASM é água disponível do solo (cm)
 RD é profundidade radicular

Em regiões de clima árido e semi-árido, com precipitações irregulares, a água disponível no solo para a produção de cana-de-açúcar não é suficiente. Nessas regiões as datas de plantio devem ser rigorosamente seguidas de modo a não desperdiçar as primeiras precipitações.

A precipitação efectiva e a capacidade de armazenamento de água no solo são dois aspectos que se deve ter em conta para decidir se pode ou não introduzir produção de cana em sequeiro. A água disponível é inteiramente dependente da precipitação efectiva caída durante todo o ano na região e da capacidade de armazenamento de água no solo. O Solo pode ser apto, mas se não possui a água proveniente da chuva ou das outras fontes, o uso desse solo deve requerer um abastecimento da água através da rega.

Algumas regiões dos países de clima tropical e subtropical p.e. Brasil, Cuba, Moçambique e outros, têm elevadas médias das precipitações anuais. De acordo com (Doorenbos, 1979) as necessidades médias anuais da cana-de-açúcar são 600 mm a 1000 mm. Existem países p.e. Quenia, Zambia com médias anuais de precipitação bastante baixas, mas prudezem a cana-de-açúcar em sequeiro sem riscos apreciáveis.

A tabela 9 dá-nos uma idéia grosseira de como pode-se combinar as precipitações médias efectivas com água disponível no solo de modo a identificar as áreas aptas para produção de cana em sequeiro. Esta tabela resultau-se da compilação dos dados de precipitação média de todas Províncias como mostra o mapa.

Tabela 9 Classificação tentativa de níveis de água disponível para produção de cana-de-açúcar de sequeiro em Moçambique.

Precipitação média anual	Água disponível (TASM) (mm)				
	>200	140-200	100-140	60-100	<60
≤ 600	má	má	má	má	má
600-800	marg.	marg.	marg.	marg.	má
800-1000	moder.	moderad.	marg.	marg.	má
1000-1200	bom	bom	moderad.	marg.	má
1200-1400	m.bom	m.bom	bom	moder.	marg.
≥ 1400	m.bom	m.bom	m.bom	bom	marg.

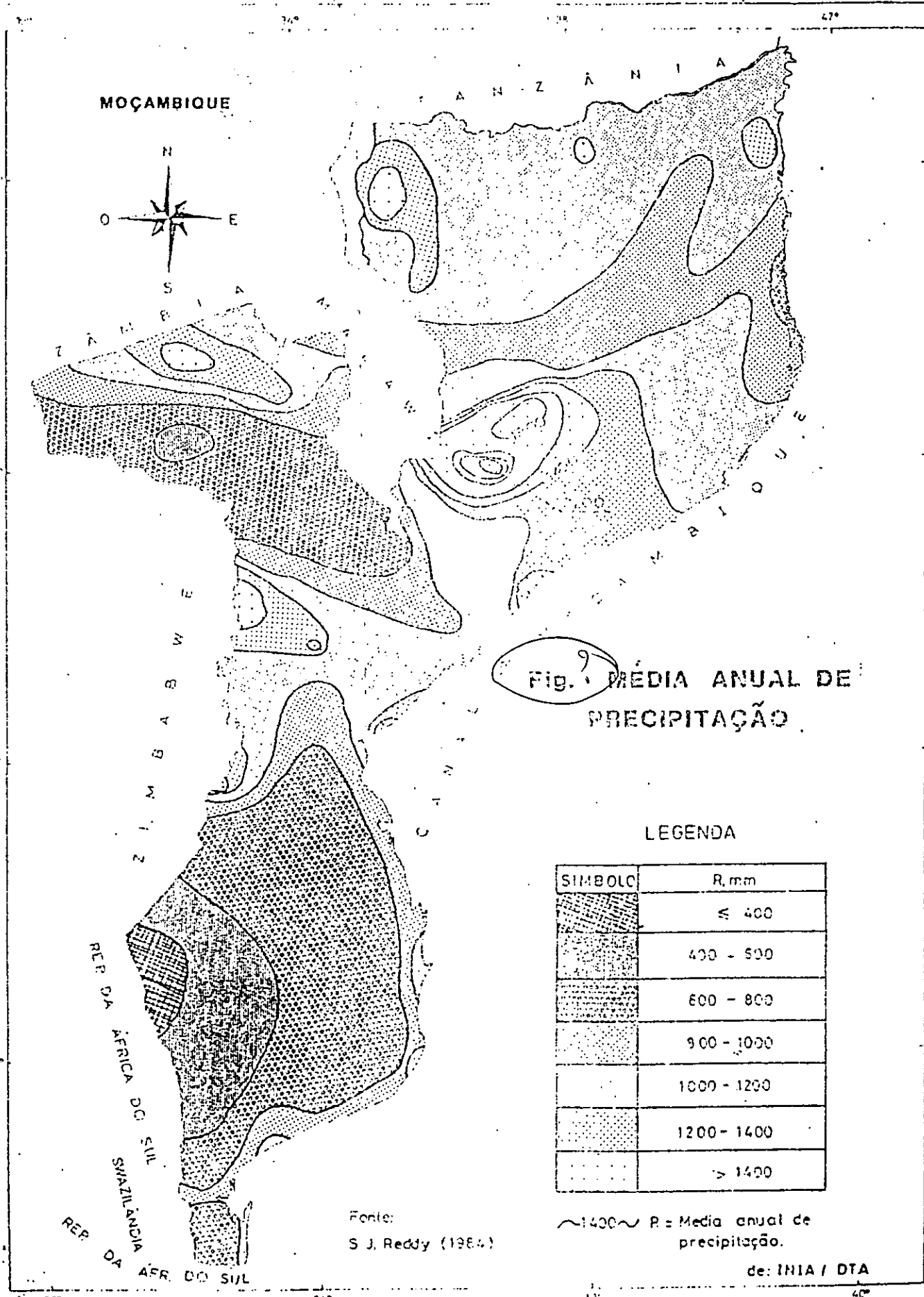


Fig. 9. MÉDIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO

LEGENDA

SÍMBOLO	R, mm
[Cross-hatched pattern]	≤ 400
[Diagonal lines /]	400 - 500
[Diagonal lines \]	600 - 800
[Dotted pattern]	900 - 1000
[Horizontal lines]	1000 - 1200
[Vertical lines]	1200 - 1400
[Stippled pattern]	> 1400

~1400~ P = Média anual de precipitação.

de: INIA / DTA

Fonte: S. J. Reddy (1964)

ESCALA 1:8.800.000

88 0 245 kms

Des: P. J. Maciel / PED / 89074

6.5. Drenagem

6.5.1 Conceito e definições

O conceito de drenagem do solo relaciona-se com a frequência e a duração dos períodos em que o solo está livre da saturação ou saturação parcial com água INIA(1995).

Segundo Polunin, (1964), a drenagem pode ser definida como um meio através do qual se pode reduzir a água em excesso da zona radicular e regular o nível do lençol freático, de forma a aumentar o arejamento e tornar a cultura da cana-de-açúcar mais saudável e vigorosa. A água do solo pode resultar de fluxo subterrâneo, das águas drenadas das terras altas ou, da água pluvial que infiltra.

O " Manual para a Descrição do Solo e Codificação para o Banco de Dados" (SDB) (INIA & UEM, 1995) considera a drenagem sob três entradas: (1) a classe de drenagem baseada no sistema do "Soil Survey Manual" (Soil Survey Staff, 1951); (2) a drenagem interna de acordo com a permeabilidade e (3) a drenagem externa, relacionada com movimento superficial da água.

Pode-se distinguir drenagem natural e artificial. Na drenagem natural, a remoção do excesso de água não necessita da intervenção do homem. A água em excesso escorre para zonas mais baixas do terreno, ou infiltra no solo e percola verticalmente até a água subterrânea. Quando as condições não são adequadas em termos da topografia do terreno e permeabilidade do solo a água acumula-se e encharca a zona radicular das culturas limitando a aeração do solo. A drenagem artificial necessita a intervenção do homem.

O excesso de água no solo pode-se verificar pela presença de manchas avermelhadas e acinzentadas, indicando a alternância de processos de oxidação e redução na zona de saturação temporária. A zona permanentemente saturada com água apresenta uma cor cinzenta homogênea INIA/UEM, (1995).

6.5.2 Importância da drenagem.

Pág. 21

Os solos com humidade excessiva apresentam uma aeração deficiente pelo facto da água passar a ocupar grande parte da porosidade. Esta falta de aeração afecta grandemente os rendimentos das culturas ao reduzir o teor de oxigénio, cujo nível crítico varia com as espécies.

A cana-de-açúcar não pode viver em meio asfixiante de um solo encharcado de água. Para uma boa maturação o solo deve estar seco Fauconnier (1975). A cana-de-açúcar tem certa tolerância ao encharcamento desde que não prolongue muitos dias e não ocorra com muita frequência. A cana-de-açúcar pode viver em áreas encharcadas durante 5 dias sem causar danos com efeitos significativos.

A drenagem assegura que na época da colheita, o solo esteja em condições de humidade que não impeça a circulação da maquinaria. Também a drenagem artificial bem dimensionada permite controlar a salinidade do solo através de evacuação dos sais lavados da superfície do solo.

As condições topográficas do terreno e a textura do solo são as que se toma em conta para decidir se pode ou não introduzir a drenagem artificial. Para terras planas com as águas estagnadas sem saída natural, a implementação de drenagem artificial é a única solução possível. Neste caso é necessário dimensionar a distância entre valas e a profundidade dos drenos que são calculados em função da permeabilidade do solo e profundidade desejada do lençol freático. Também deve-se identificar o rio para qual a água seja drenada. A drenagem artificial pode ser realizada mediante canais abertos ou tubos enterrados no solo.

6.5.3 Classes de drenagens e aptidão para cana

Para a cana é necessário manter o lençol freático a um nível aceitável 0,60 m ao menos durante o período vegetativo e 1.50 durante o período de maturação (Fauconnier, 975).

As classes de drenagem muito má a má não são recomendadas para produção de cana-de-açúcar com drenagem natural devido ao excesso de água e falta de lixiviação natural. As classes de drenagens imperfeita a moderada e drenagem boa a excessiva são consideradas aptas para o cultivo de cana-de-açúcar. A tabela 10 mostra uma classificação tentativa de classes de drenagem e as limitações em relação à cana-de-açúcar.

Tabela 10 Classificação tentativa de classes de drenagem e limitações em relação a cana-de-açúcar

Clases de drenagem	Limitações
Muito má	Muito forte
Má	Forte
Imperfeita	Fraca
Moderada	Sem
Boa	Sem
Excessiva	Sem

6.6 Estrutura

A estrutura é o arranjo das partículas no solo; é a disposição das partículas em agregados. Uma boa estrutura proporciona um bom arejamento e fácil movimento da água, com reflexos positivos na vida vegetal.

A estrutura está relacionada à textura, tipo de mineralogia, actividade biológica e à quantidade de matéria orgânica. A estrutura não é como a textura que tem uma característica praticamente imutável Galetti (1973). Ela pode ser modificada de forma positiva quando ela não é boa e estiver a criar dificuldades para o desenvolvimento das culturas; ou de forma negativa pelo manejo inapropriado.

O movimento frequente de máquinas e implementos muito pesados tendem a tornar o solo muito compacto. As arações feitas sempre a uma mesma profundidade podem dar origem ao que se chama " piso do arado", região ou camada do solo endurecida e impermeável que dificulta o movimento do ar e da água e o desenvolvimento das raízes.

Na literatura consultada não encontrou-se dados específicos sobre a estrutura em relação à cana-de-açúcar. As considerações a seguir baseiam-se em aspectos gerais.

A estrutura ao longo do perfil do solo pode-se formar em diferentes horizontes, entretanto o seu efeito limitante se verifica mais acentuadamente quando se forma nas camadas mais superficiais.

Muitos solos com argila expansível apresentam estrutura prismática grande ou em forma de cunhas. As fendas largas presentes no estado seco fecham-se ao humedecer, deste modo impedindo o movimento de água e, nos casos extremos, causando danos aos raízes. A presença da estrutura prismática a pequena profundidade indica uma pequena actividade da mesofauna (minhocas, formigas, termitas etc.).

A estrutura laminar na superfície (crosta) dificulta o cultivo, a germinação das plantas, a aeração do solo e tem uma influência negativa no balanço hídrico. Em terrenos declivosos a pequena capacidade de infiltração resulta em grandes perdas de água (muitas vezes também de solo) pelo escoamento superficial. Em terrenos planos a água fica estagnada na superfície. Em geral as crostas podem ser quebradas com implementos simples, porém tendem a voltar com as primeiras chuvas.

A estrutura laminar a 20 até 50 cm da superfície do solo, não permite o desenvolvimento vertical das raízes. A situação torna-se mais grave quando a lovoura não é profunda e quando não passa subsolador para quebrar o imperme.

As estruturas anisóforme subangular, granular e grumosa não impedem o desenvolvimento radicular como acontece com estrutura laminar e prismática.

Uma classificação tentativa da influência da estrutura sobre cana-de-açúcar encontra-se na tabela 11.

Tabela:11 Classificação tentativa de graus de limitações para cana-de-açúcar em relação à estrutura do solo.

Estruturas	Limitações prof. de ocorrência	Qualidades de terra afectadas
Laminar, maciça sem poros	muito forte < 20 cm forte 20-50 cm moderada 50-100 cm fraca 100-150 cm sem > 150 cm	cultivo, germinação, aeração disponibilidade de água, disponibilidade de oxigénio, desenvolvimento radicular
Prismática grande Anisoforme angular Grande ou médio, grãos simples	moderada < 25 cm fraca 25-50 cm sem > 50 cm	desenvolvimento radicular
Prismática pequena, ou média Anisoforme angular pequeno ou médio	fraca < 50 cm sem > 50 cm	desenvolvimento radicular
Anisoforme subangular, Grumosa, Granular	sem	

6.7 Textura

Textura é a proporção relativa em que se encontram os vários lotes ou fracções de partículas minerais de dimensões (diâmetros) inferiores a 2 mm (terra fina). As partículas de dimensões superiores a 2 mm são denominadas de fragmentos grosseiros.

A textura é classificada em função dos teores de argila, limo e areia, conforme o triângulo textural (ver e.g. INIA/UEM,1995).

A textura está directamente vinculada a uma série de importantes propriedades do solo, principalmente à permeabilidade, consistência porosidade, estrutura e retenção de água. É sobretudo na superfície das partículas mais finas (argila, matéria orgânica) que se processam fenómenos fundamentais da nutrição vegetal (Engelen, 1979).

A textura é uma característica do solo que não pode ser alterada. Um solo arenoso será arenoso; não poderá ser transformado em solo argiloso. Ela depende, em grande parte da rocha original.

A cana-de-açúcar tem se mostrado como uma cultura bastante flexível, sendo cultivada em solos de textura muito variável desde arenosa até muito argilosa e, ainda, em solos com elevados teores de matéria orgânica, (Paranhos,1987). Isto não significa que não existem limitações impostas pela textura.

Os solos arenosos são limitados por apresentarem baixa capacidade de armazenamento de água e grande perda de nutrientes por lixiviação, além de favorecerem o desenvolvimento de maior população de nematóides, Galetti, (1973).

Solos limosos e de textura média têm boas características hídricas no estado natural e são fáceis de trabalhar, entretanto devem ser manuseados muito cuidadosamente, pois são inestáveis e apresentam risco de crostamento, de compactação e erosão.

Em geral solos argilosos são propensos à drenagem mais lenta, proporcionando uma menor aeração na zona das raízes, podendo apresentar adensamentos que limitam a penetração das raízes e o crescimento das plantas. Estes solos têm grande capacidade de armazenamento de água, porém grande parte desta água não é disponível para as plantas por ser fortemente retida.

Muitos solos argilosos quando molhados, oferecem problemas de uso das máquinas, porque são muito plásticos, pegajosos e escorregadios. No estado seco são duros e formam fendas profundas. Para alguns solos este problema é devido ao excesso de sódio. A mineralogia também é importante, os solos smectíticos (p.e. Vertissolos) com muita argila são expansíveis quando estão molhados e encolhem-se quando estão secos.

Os solos argilosos caulínicos e oxidicos (Ferralsolos, parte dos Lixissolos e ~~Nitissolos~~, Acrissolos e Nitissolos), comportam-se como solos francos de outra mineralogia além de serem mais estáveis. Estes solos não são expansíveis, são pouco plásticos e poucos pegajosos quando estão molhados. São solos friáveis quando húmidos e pouco duros quando estão secos; porém, têm uma CTC muito baixa e são susceptíveis à lixiviação de nutrientes.

O resumo das limitações e qualidades da terra encontram-se na tabela 12.

Tabela:12 Classificação tentativa de graus das limitações que a textura pode induzir para cana-de-açúcar.

Textura	?	Limitações	Qualidade de terra afectadas
Arenosa	areia grossa, areia fina	forte moderada	disponibilidade de água e nutrientes
Média	franco, franco argiloso, franco arenoso	sem, moderada em terrenos declivosos	Erosão, estabilidade estrutural
Limosa		moderada, forte em terrenos declivosos	erosão, mecanização, estabilidade estrutural
Argilosa	smectita	forte	transitabilidade mecanização, drenagem
Argilosa	ilita, vermiculita, mista	moderada	manejo, drenagem
Argilosa	caulinita, essequióxidos	sem-fraca	disponibilidade de nutrientes

Nota-se que, das qualidades referidas nesta tabela 12, a maior parte delas também estão referidas em outros capítulos.

6.8 Fertilidade (nutrientes disponíveis)

As quantidades de elementos nutritivos extraídos do solo por uma cultura de cana-de-açúcar variam sensivelmente segundo a taxa de crescimento, o método de cultivo e a disponibilidade desses elementos no solo. A quantidade e a repartição dos diferentes elementos nutritivos varia em diferentes partes da cana.

A cana-de-açúcar, como as demais plantas superiores, necessita para o seu pleno desenvolvimento, dos nutrientes; C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Cl, Fe, Mn, Mo e Zn.

A cultura da cana-de-açúcar assenta-se sobre os mais diversos solos. A maioria dos solos não têm a capacidade de fornecer à cultura de cana todos os nutrientes em quantidades adequadas e no momento certo. O uso de fertilizantes normalmente causa um aumento substancial na produção como relata Mathieu (1979), referido por Paranho. Compara o autor que as produções dobram em diversas culturas mediante o emprego de técnicas e adubação recomendada.

A experiência conduzida por Peter (1980) no Brasil a respeito do efeito da adubação, mostrou que o emprego de técnicas e adubações recomendadas dobravam as produções e as respostas aos fertilizantes variam de 37% a 97%, dependendo da cultura. A média de 10.000 resultados para diversas culturas indicaram um aumento de 67% na produção, segundo dados de Paranhos, (1987).

Em solos pobres em nutrientes a tendência ao florescimento é maior, pois a disponibilidade abundante e imediata de nutrientes, promove um crescimento vegetativo e a planta atrasa a passagem para a fase reprodutivo, tendo a possibilidade de redução de florescimento (Paranhos, 1987).

A cana-de-açúcar tem altas necessidades de nitrogénio e do potássio e relativamente baixa exigência de fosforo. Para a produção de 100ton/ha de cana-de-açúcar são necessários 100 a 200kg/ha N, 20 a 90kg/ha P e 125 a 160kg/ha K. A quantidade de nitrogénio muito elevada no solo na fase de maturação diminui a produção de sacarose principalmente quando a disponibilidade de água e temperatura não são limitantes (FAO, 1979).

Tabela 13 Classificação tentativa das características químicas do solo para produção da cana-de-açúcar.

NÍVEIS					
Características	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Sat. Em Al^{+3} (%)	< 10	10-20	20-40	40-80	> 80
Ca^{+2} (meq/100g)	< 1.2	1.2-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	> 2.5
Mg^{+2} (meq/100g)	< 0.2	0.2-0.25	0.25-0.3	0.35-0.4	> 0.4
Na^{+2} (meq/100g)	< 0.35	0.35-0.55	0.55-0.65	0.65-0.75	> 0.75
PST (%)	< 7	7-10	10-13	13-15	> 15
K^{+} (meq/100g)	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.4	0.4-0.8	> 0.8
C.T.C (meq/100g)	< 2	2-6	6-12	> 12	
Sat.base (%)		< 20	20-40	40-80	> 80
N (%)	< 0.1	0.1-0.10	0.10-0.15	0.15-0.2	> 0.2
M.O. (%)	< 1.5	1.5-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	> 4.0
P (PPm)	< 5.0	5.0-9.0	9.0-16	16-34	> 34

Fonte: Adaptado de Paranhos, 1987 e Vilanculos e Serno, 1992

Desta tabela pode-se concluir que: a aptidão do solo para cana pode ser considerada como boa, quando possuir conteúdos altos de cálcio, magnésio e potássio trocável e deve possuir alto conteúdo de matéria orgânica e fósforo. E deve possuir conteúdo médio de nitrogénio, saturação por bases elevada e ter poucos problemas com toxicidade de alumínio.

6.9 Declividade (níveis críticos) e Relevo

Declividade é a inclinação do terreno. O relevo refere-se às diferenças regionais de elevação do terreno. É derivada do gradiente do declive característico ou mais representativo da área à volta do local. O gradiente do declive refere à inclinação do terreno no local. O gradiente é medido usando um clinómetro apontando em direcção ao declive mais íngreme. (INIA/UEM, 1995).

Ao estudarmos a declividade devemos ter em conta três aspectos: 1- grau de declive, ou seja, o grau da inclinação; 2- o comprimento do declive, ou seja, a extensão da rampa e 3- a regularidade ou uniformidade.

Os terrenos usados para produção de cana-de-açúcar devem ter declividades suaves para permitir a deslocação das máquinas para diversas operações nomeadamente lavoura, gradagem e sachas e para evitar a erosão hídrica.

A declividade facilita o saneamento mais rápido das águas superficiais através do escoamento para as zonas mais baixas. Entre muitos factores considerados para decisão da introdução do tipo do sistema de rega, a declividade tem um papel relevante, principalmente quando se pretende introduzir o sistema de rega por gravidade. Por outro lado, em solos com declividades maior, há muita perda de cargas na rega por aspersão. A topografia do terreno também condiciona o dimensionamento da rega por gravidade embora a textura do solo tenha influência para decisão do tipo de sistema de rega a adoptar.

As classes de declividade do solo podem ser indicadas como mostra a Tabela 14.

Tabela 14 classes de declive e denominação do relevo.

Declive (%)	Classe	Relevo
0-1%	0	plana
1-2%	1	quase plana
2-4%	2	suavem. ondulada
4-8%	3	ondulada
8-16%	4	fortem. ondulada
16-30%	5	colinosa
30-50%	6	fortem dossecada
> 50%	7	montanhosa

Fonte: INIA/UEM, 1995

O ambiente ideal para o cultivo da cana-de-açúcar relativamente à declividade do terreno pode ser descrita da seguinte maneira: As terras devem ser constituídas por interflúvios largos e regulares com declives suaves de 2 a 5%, o maior valor sendo aplicável a solos mais argilosos (Koffler, 1989). Terrenos com declives menores ou completamente planos podem apresentar problemas de drenagem.

As declividades entre 5% e 16% não oferecem condições óptimas para o cultivo de cana-de-açúcar usando a maquinaria pesada, por outro lado caso não se tome medida adequadas de cultivo perde-se a produção devido à erosão, a acamação ou caídas das canas Galetti, (1973) para o usos destes solos tem que adoptar o cultivo em contornos, as vezes terraços.

Os solos com declives maiores do que 16% para terrenos não revestidos até a densidade de 55-75% com vegetação são bastante susceptíveis a erosão e por outro lado a máquina circula com muitas dificuldades. Estes terrenos podem ser aproveitados através de cultivo em contorno e instalação de sistemas de distribuição das águas das chuvas, mas ocorrerão dificuldades quanto à locação das glebas no campo (Koffler, 1989).

Declives mais acentuados do que 16% e irregulares também podem e têm sido utilizados, mas com prejuízos económicos devido aos maiores custos envolvidos no preparo do solo e outras operações agrícolas Paranhos, (1987). A erosão acentua-se à medida que se aumenta a declividade do terreno. Entretanto as soqueiras através das suas raízes que se estendem a poucas profundidades do solo tornam o solo mais resistente à erosão, combatendo assim o efeito nocivo deste fenómeno.

Os solos com declives maiores do que 30% não podem ser usados para cana-de-açúcar porque essa declividade não permite a circulação das máquinas Fauconnier (1975) e além de haver um risco muito elevado de erosão. Terraceamento nestes solos não será economicamente viável no caso da cana.

Uma classificação tentativa dos graus de limitações que são impostas pela declividade estão indicadas na Tabela 15.

Tabela 15 Classificação tentativa de níveis críticos e limitações impostas pela declividade do terreno à cana-de-açúcar.

Declive (%)	Limitações
0-5	Sem
5-10	Fraca
10-16	Moderada
16-25	Forte
25-30	Forte
> 30	Muito forte

Adaptado INIA (1995)

7. Condições edáficas/climáticas para cana-de-açúcar em Moçambique

Tabela-16 classificação dos principais solos de Moçambique e as respectivas qualidade e limitações para o cultivo da cana-de-açúcar.

Agrupamentos principais de solos			Qualidades e limitações típicos
Acrissolos	5.961	S2- S3	Reservas limitadas de nutrientes, toxicidade de Al ou Mn, compactação, erosão
Arenossolos	22.563 (ha)	S3- N2	Baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água, pouca estabilidade estrutural, alta capacidade de infiltração
Cambissolos	2.985 (ha)	S1- N2	Geralmente não apresentam limitações edáficas graves, mas podem ocorrer em terrenos muito declivosos
Ferralsolos	5.509 (ha)	S1- S2	Alta capacidade de infiltração, boa drenagem, fácil de manusear, baixa fertilidade química, fixação de fósforo, toxicidade de alumínio
Luvissolos	3.677 (ha)	S1- N1	Em geral boa fertilidade química, podem apresentar, problemas de salinidade, problemas de crostamento superficial, sensíveis para erosão
Leptossolos	6.727 (ha)	N2	Profundidade efectiva reduzida; erosão; dificuldade de uso de máquinas agrícolas
Lixissolos	3.677 (ha)	S2- S3	Reserva limitada de nutrientes, crostamento; sensíveis à erosão
Solonchaks	2.246 (ha)	N1- N2	Forte potencial osmótico (muito negativo); desbalanço nutricionais; toxicidade de sais
Fluvisolos	4.697 (ha)	S1- S2	Dependem muito do tipo dos sedimentos e do ambiente
Vertissolos	541 (ha)	S2- N1	Fertilidade química relativamente boa, carência e excesso de água, manejo difícil devido a consistência dura/muito firme/plástica, pegajoso, problemas de danos mecânicos ao sistema radicular

Fonte: Carta de solos INIA-DIO, 1993

A tabela 16 reporta a distribuição dos principais solos de Moçambique e as respectivas limitações para o uso especialmente agrícola. *a cana de açúcar*

Os solos dominantes das Províncias da Zambézia e Niassa sugeridas para produção de cana-de-açúcar em sequeiro são:

-Na Província da Zambézia encontramos os solos dominantes Fluviolosos e acrisolos;

-Na Província de Niassa encontramos os solos dominantes Arenossolos, Ferralolos, Leptossolos e Luviolosos

Nessas Províncias têm condições climáticas ótimas. As precipitações médias anuais são 1400 mm/ano, as temperaturas médias são 25 à 32 graus centígrados.

Para além das águas dos rios conta-se com as águas das chuvas. Entretanto a distribuição de precipitação em Moçambique é errática e varia de Norte para o Sul, sendo as médias anuais mais elevadas no Norte atingindo valores superiores a 1400 mm na Província da Zambézia e a mínima 440 mm na Província de Gaza Pafuri (Boer.B).

Na época das chuvas todos os rios ficam cheios de águas que até transbordam para os campos encharcando os solos dos cultivos de cana-de-açúcar, constituindo um perigo para a cana que pode se asfixiar com excesso de água quando o sistema radicular é inundado. Por outro lado, essas águas depositam no solo sedimentos que contribuem para a elevação da fertilidade do solo.

De acordo com a tabela 16 de classificação dos solos de Moçambique, vemos que a Província de Niassa e a Província de Zambézia apresentam condições ótimas para a produção da cana-de-açúcar em sequeiro. Elas possuem as precipitações médias superior a 1400 mm/ano e solos com qualidades e limitações aceitáveis, favoráveis para produção da cana-de-açúcar em sequeiro. } ?

De acordo com os dados sobre alguns solos aptos para cana-de-açúcar apresentados na tabela 16, a Província de Maputo, concretamente nos Distritos de Chinavane e Maragra enquadram-se na classe regular (S2) dada as condições que oferecem em termos dos tipos de solos, embora exista nesta Província duas Fábricas de cana-de-açúcar. A zona Centro Sofala (p.e. Mafambisse, Marromeu e Caia) e Zambézia (p.e. Luabo, Mopeia baixa) pode enquadrar na classe boa (S1) porque os solos têm boa fertilidade natural e bem drenados por outro lado são bem localizados em termos da posição do rio Zambeze que possui um caudal suficiente durante quase todo o ano.

As terras que se estendem ao longo das proximidades dos rios Zambeze, Púngue, Save, Incomati e Limpopo, na sua maioria oferecem ótimas condições para a produção da cana-de-açúcar. Os solos mais frequentes são Fluviolosos Eútricos, de alta fertilidade natural. Ao longo do rio Zambeze estão instaladas duas fábricas açucareiras (S.S.E.), uma na Província da Zambézia e outra na Província de Sofala. As outras fábricas açucareiras localizam-se ao longo dos rios Incomati, Limpopo e Púngue.

Na zona Sul, a área de Chókwé "Pafuri" é a mais árida do País com precipitações médias anuais de 440 mm, para implementação da produção da cana-de-açúcar com sucesso é necessária o dimensionamento do sistema de rega e drenagem bem feito, pois de acordo com a distribuição da precipitação ao nível do País essa área da região do Chokwé as precipitações são erráticas, os solos são secos sem reservas suficientes de água.

Outro problema dos solos de Chókwé é localizarem-se numa região de altas temperaturas e elevada evapotranspiração. Sendo a cana-de-açúcar uma cultura com grandes necessidades em água, esta região não se adapta o cultivo da cana-de-açúcar por um lado porque o solo não possui as reservas suficientes de água armazenadas. Por outro lado os solos são salinos o que torna difícil o seu uso para produção da cana-de-açúcar.

A província da Zambézia é que apresenta altos valores das precipitações médias, atingindo até 2200 mm. Tem muitas reservas de recursos hídricos que podem ser aproveitadas para rega. Os solos que estendem ao longo do rio Zambeze na sua maioria apresentam boa fertilidade natural.

8. Discussão

Os resultados do presente estudo sugerem que a cana-de-açúcar em Moçambique pode ser cultivado em sequeiro nas Povíncias de Zambézia e Niassa desde que as plantações sejam feitas nos meses de Outubro e Novembro para coincidir com a época das precipitações efetivas, isto é para permitir que a cana durante o período de desenvolvimento vegetativo no qual consome quantidades muito elevadas de água, não sofra de stress hídrico, pois quando a época da precipitação termina a cana-de-açúcar em sequeiro sofre de stress hídrico durante os meses de Março até Novembro porque as precipitações que ocorrem nesses meses não são suficientes para satisfazer as necessidades em águas a cana-de-açúcar.

Contudo, o estudo foi baseado principalmente em resultados obtidos em outros países, faltam ensaios em Moçambique.

Os dados contidos nas tabelas de classificação tentativa de aptidão deste trabalho mostram as exigências que podem ser tomadas em considerção na escolha das terras para produção da cana-de-açúcar em Moçambique.

Essas tabelas, acima, detém informações úteis que reflectem resultados das experiências realizadas em diversos países sobre as características químicas/físicas dos solos para produção de cana-de-açúcar. A boa interpretação auxilia a programação e implementação do cultivo da cana-de-açúcar com sucessos.

Estes dados podem ser tomados em consideração para uma situação concreta de Moçambique. Entretanto é necessário realizar ensaios de pesquisas dos diferentes solos de Moçambique para testar as características do solo e níveis de limitação para o crescimento da cana-de-açúcar.

Na classificação tentativa mostrada na tabela 9, considerou-se por exemplo muito bom onde a água disponível no solo é entre 100 a 140 mm e precipitação efectiva superior a 1400 mm, condições dominantes nas Províncias de Niassa e Zambézia. A tabela 16 mostra a distribuição dos solos em Moçambique e relativas qualidades/limitações.

As tabelas também são tentativas e sua validade deve ser testada.

De acordo com as informações e a interpretação correcta dos dados das características físicas e químicas dos diversos tipos de solos de Moçambique pode-se sustentar a possibilidade de implementar o cultivo da cana-de-açúcar em sequeiro para as Povíncias supracitadas (Zambézia, Niassa).

9. Conclusão

- Foi possível estabelecer uma "classificação" tentativa para avaliação aptidão dos solos para cana-de-açúcar em Moçambique;

- A classificação é tentativa pois é baseada principalmente em resultados obtidos no exterior. Faltava uma base experimental em Moçambique;

- Os resultados sugerem que em Moçambique, concretamente, nas Províncias de Niassa e Zambézia são aptas para cana-de-açúcar em regadio e cana-de-açúcar em sequeiro. E para as restantes Províncias sugerem a aplicação de regadio.

10. Recomendações e Priorizações da investigação futura

Este trabalho foi produzido na base das consultas bibliográficas da literatura nacional e internacional. As informações que constituíram a base para produção das tabelas foram recolhidas dos resultados de experimentações realizadas nos diversos países. Assim para validar os dados recomendo que se faça ensaio para uma investigação e verificação dos resultados obtidos.

Atendendo que o rendimento da cana-de-açúcar depende de muitos factores edáficos e ambientais recomendo que se realize ensaio experimentais testando diferentes variedades da cana-de-açúcar submetendo em diferentes tipos de solo e factores ambientais para observar a variação do rendimento e variedades resistentes.

(1) Cana-de-açúcar submetida às condições do solo óptima e condições climáticas não óptimas.

(2) Cana-de-açúcar submetida às condições do solo não óptimas e condições climáticas óptimas.

(3) Promover a investigação das características químicas/físicas dos solos do Norte e Centro do País em termos da aptidão para produção da cana-de-açúcar.

(4) Conduzir ensaios em locais com diferentes níveis de aptidão para validar as tabelas.

LISTA BIBLIOGRAFICA

- ASHTON, F.M. Effects of a series of cycles of alternating low and high soil water contents on rate of apparent photosynthesis in sugar cane, 1956.
- ASHTON, F.M. Effects of a série of cycles of aternating low and high soil water contents on rate of apparent photosynthesis in sugar cana. Plant. Phisiol. 31. 266-274, 1956
- BARNE, A. C. the sugar cane, world crops, series, Interscience Publishers INC. New York, 1964.
- BARROS SANTOS, A. Manual de Cana-de-açúcar, Associação de Técnicos de Culturas Tropicais, UNIARTE GRAFICA, LDA, PORTO, 1993.
- BLACKBURN, F. Sugarcane, Library of Congress Cataloging in Publication data 1920-1980, Published in the United States of America by Longman Inc, New York 1984
- BOER, B. Guia das aulas teóricas da cadeira da rega e drenagem I, Universidade E. Mondlane Faculd. Agron. & Eng. Florestal Depart. de Eng^a Rural. Julho, 1991.
- COELHO, S., Fertilidade do solo, adubos e adubação, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, São Paulo, Brasil, 1973.
- DAKA, A.E. "Irrigated sugarcane in a Montmorillonitie soil". unpublished Mauritns, 1984.
- DOORENBOS, J. A.H. & Kassam, yield response to water, Land and Water Development Division FAO, Rome, 1979.
- ENGELEN, J.W. Van, apontamentos de cadeira ciência do solo, Parte C. Pedologia Regional, Univers. Eduardo Mondlane de Agron., Abril, 1979.
- FAUCONIER, R. & BASSEREAU, D. La caña de azucar. Barcelona, Blume, 1975.
- GALETI, Conservação do solo reflorestamento; clima, de Ensino Agrícola, São Paulo Brasil, 1973.
- GOMES ALVAREZ, F. Caña de azucar. Caracas, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1975, 669p.
- HARTT, C.E. Effect of moisture supply upon translocation and storage of 14C in sugarcane. Plant Physiol. 42: 590-609, 1967
- HATT, C.E. & BURR, G.O. Factores effecting photosynthesis in sugar cane. Proc. Inter. Soc. Sugar Cane Tecnol. 12 : 590-609, 1967.
- IN, SOK SAING, Resumo da cadeira de agrometeorologia, Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia, Maputo, 1987.