



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO AGRÁRIA

**Aplicação de Técnica de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para
Identificação de Áreas Potenciais para o Cultivo de Arroz em
Moçambique**

Licenciatura em Produção Agrícola

Autora:

Diolanda de Fátima José Chilaúle

Vilankulo, Junho de 2015

Diolanda de Fátima José Chilaúle

**Aplicação de Técnica de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para
Identificação de Áreas Potenciais para o Cultivo de Arroz em
Moçambique**

O presente trabalho intitulado aplicação de técnica de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para o cultivo de arroz em Moçambique surge no âmbito de requisitos necessários para a obtenção de grau de licenciatura no Curso de Produção Agrícola, pela Universidade Eduardo Mondlane na Escola Superior de Desenvolvimento Rural.

Supervisor: dr. Elias de Barros

Presidente: dr. Edgar Faria

Oponente: dr. Sosdito Mananze

UEM – ESUDER

Vilankulo

2015

DECLARAÇÃO

Declaro que este trabalho é da minha autoria e resultado da minha investigação pessoal, estando indicados no texto e na bibliografia as fontes utilizadas. Esta é a primeira vez que o submeto para obter o grau de licenciatura, nesta instituição pública de ensino superior.

Vilankulo, ____ de Abril de 2015

(Diolanda de Fátima José Chilaúle)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à pessoas muito importantes na minha vida, pelo que me ensinaram e transmitiram e pelo apoio incondicional.

A minha amada mãe Felismina Ernesto Mangave

Ao meu querido pai José Francisco Chilaúle (que a sua alma descanse em paz) e

Aos meus adoráveis irmãos (Jorfélia, Feldência, Adérito, Felismina, Celso).

AGRADECIMENTO

A realização desta Dissertação de Licenciatura só foi possível graças à colaboração e ao contributo, de forma directa e indirecta, de várias pessoas, colegas e instituições, às quais gostaria de exprimir algumas palavras de agradecimento e profundo reconhecimento:

Em primeiro a Deus todo-poderoso por nunca me ter abandonado e me dar força para seguir esse longo percurso.

A Direcção Nacional de Águas pela oportunidade de estágio para a recolha de dados e a Universidade Eduardo Mondlane pela bolsa de estudo que me foi oferecida para a realização do curso.

Ao Eng^o Eurico Macuacua, dr Elias De Barros e dr Agostinho Vilanculos pela disponibilidade para orientar este trabalho, pela preciosa ajuda na definição do objecto de estudo, pela exigência de método e rigor, pela orientação científica, pela revisão crítica do texto, pelos profícuos comentários, esclarecimentos, opiniões e sugestões, pela cedência e indicação de alguma bibliografia relevante para a temática em análise, pelos oportunos conselhos, pela acessibilidade e simpatia demonstradas, pelo permanente estímulo que, por vezes, se tornaram decisivos em determinados momentos da elaboração desta tese.

A minha mãe e irmãos pelo apoio, compreensão inestimáveis, pelos diversos sacrifícios suportados e pelo constante encorajamento a fim de prosseguir os estudos e a elaboração deste trabalho.

Por último, mas não menos importante aos meus amigos e colegas em especial Caissaria, Olavia, Francisco, Sani pelo apoio moral, as palavras encorajadoras, a incondicional amizade, carinho e afecto.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARA-Sul - Administração Regional de Aguas de Sul
AW - ClimaTropical de Savana
CD - Cartografia Digital
CNDS - Conselho Nacional de Desenvolvimento Sustentável
DNA - Direcção Nacional de Água
ESRI - Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambiental
FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
ha - Hectares
IFPRI - International Food Policy Reseach Instutute
IIAM - Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
INAM - Instituto Nacional de Meteorologia
INE - Instituto Nacional de Estatística
IRRI - Instituto Internacional de Investigação de Arroz
JICA - Agência de Cooperação Internacional de Japão
Kg - Kilogramas
m - Metros
mm - Milímetro
MICOA - Ministério de Coordenação Ambiental
MINAG - Ministério da Agricultura
NCGIA - Centro nacional para Informação Geográfica e Análise
ONU - Organização das Nações Unidas
SI - Sistema de Informação
SIG - Sistema de Informação Geográfica
Ton - Toneladas
UEM - Universidade Eduardo Mondlane
USGS – United States Geological Survey

LISTA DE FIGURAS

Conteúdo	Pág.
Figura 1: Modelo de Representação Matricial.....	8
Figura 2: Modelo de Representação Vectorial.....	10
Figura 3: Produção de Arroz, Regadio de Chokwé, Província de Gaza.....	16
Figura 4: Produção de arroz em Moçambique do ano 2006 a 2012	17
Figura 5: Localização Geográfica de Moçambique	21
Figura 6: Distribuição da Temperatura e Precipitação Médias Mensais	22
Figura 7: Relevo de Moçambique.....	24
Figura 8: Capacidade de Retenção de Água no Solo (a), Textura do Solo (b).....	25
Figura 9: Tipo de Vegetação.....	27
Figura 10: Uso e Cobertura do Solo	28
Figura 11: Esquema da Metodologia Aplicada no Presente Trabalho.....	29
Figura 12: Essência de Operadores Lógicos Boleanos	31
Figura 13: Condições de Clima Ideal para o Cultivo de Arroz.....	33
Figura 14: Elevação Ideal para o Cultivo de Arroz	33
Figura 15: Textura de Solo Ideal Para o Cultivo de Arroz	34
Figura 16: Capacidade de Retenção de Água no Solo Ideal para o Cultivo de Arroz.....	34
Figura 17: Áreas Aptas para Produção de Arroz	35
Figura 18: Divisão Percentual da Área por Região	36
Figura 19: Áreas Prioritárias para Produção de Arroz Segundo MINAG	37

LISTA DE TABELAS

Conteúdo	Pág.
Tabela 1: Finalidade, Objectivo e Áreas de Aplicação dos SIG's	6
Tabela 2: Alguns estudos feitos em Moçambique tendo SIG como recurso	11
Tabela 3: Principais bacias de Mocambique.....	23
Tabela 4: Regras para aptidão agrícola.....	31

GLOSSÁRIO

Pixels - a mais pequena superfície homogénea constitutiva de uma imagem digital.

Overlay - também conhecido como sobreposição; consiste no cruzamento de diversas camadas de informação.

Ensaio on-station - ensaios realizados no laboratório

Ensaio on-farm - ensaios realizados no campo de cultivo

RESUMO

A maior preocupação do Governo de Moçambique é procurar soluções sustentáveis para responder as necessidades alimentares da população com recurso a produção maioritariamente interna e pouca dependência à importações. Para responder a esta preocupação, a investigação científica e posterior disseminação de melhores tecnologias de produção e outras informações de extrema importância tornam-se fundamentais e indispensáveis. O presente trabalho de pesquisa tem como objectivo aplicar a técnica de Sistema de Informação Geográfica para identificar áreas potencialmente aptas para o cultivo de arroz em Moçambique. De forma a alcançar tal objectivo foram tomados em conta algumas regras de aptidão agrícola tendo como factores que influenciam no desenvolvimento de arroz; a temperatura, precipitação, elevação, textura e capacidade de retenção de água no solo; foi aplicado o método de operações lógicas de SIG designadas booleanas que permitiram realizar intersecções entre dois ou mais planos de informação espacial. Desse cruzamento resultaram áreas que reúnem condições favoráveis para a produção e desenvolvimento do arroz estabelecidas para todos factores, tendo se notado que na sua maioria as mesmas áreas ocorriam próximo das zonas ribeirinhas, costeiras associados as planícies de inundação, englobando todas regiões do País onde foram obtidos no total 10.008.365,16ha, dos quais 49% localizam-se na Zona centro, 33% na zona Sul e 18% na zona norte.

Palavras chaves: SIG, Aptidão do solo, Cultura de arroz.

ÍNDICE

Declaração.....	i
Dedicatória.....	ii
Agradecimento.....	iii
Lista de siglas e abreviaturas.....	iv
Lista de figuras.....	v
Lista de tabelas.....	vi
Glossário.....	vii
Resumo.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificação.....	3
1.4. Objectivos.....	4
1.4.1. Objectivo Geral.....	4
1.4.2. Objectivos Específicos.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Sistemas de Informação Geográfica e Contexto.....	5
2.1.1. Dados em SIG.....	7
2.1.2. Uso de SIG em Moçambique.....	11
2.2. Cultura de Arroz.....	12
2.2.1. Origem, Evolução e Domesticação da Cultura de Arroz.....	12
2.2.2. Taxonomia e Evolução Varietal da Cultura de Arroz.....	12
2.2.3. Morfologia e Ciclo de Desenvolvimento da Cultura de Arroz.....	13
2.2.4. Factores que Influem na Produção de Arroz.....	13
2.2.5. Cultivo de Arroz em Moçambique.....	15
2.2.6. Trabalhos Realizados sobre a Cultura de Arroz em Moçambique.....	17
2.3. Métodos para Identificação de Áreas Aptas para Diversas Culturas.....	18
2.3.1. Sensoriamento Remoto.....	18
2.3.2. Sistema de Cartografia Digital.....	19
3. METODOLOGIA.....	21

3.1. Localização Geográfica de Moçambique.....	21
3.2. Aspectos Físico-Geográficos.....	21
3.2.1 Características Climáticas.....	21
3.2.2. Recursos Hídricos.....	23
3.2.3. Relevo.....	23
3.2.4. Solos.....	24
3.3. Agricultura.....	25
3.4. Vegetação.....	26
3.5. Materiais e Métodos.....	27
3.5.1. Materiais.....	27
3.5.2. Método.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Áreas Aptas para o Cultivo de Arroz de Acordo com Cada Um dos Factores.....	31
4.1.1. Clima.....	31
4.1.2. Elevação.....	32
4.1.3. Textura do Solo.....	33
4.1.4. Capacidade de Retenção de Água no Solo.....	33
4.2. Áreas Potencias para o Cultivo de Arroz.....	34
5. CONCLUSÃO, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto

O presente trabalho intitulado aplicação de técnica de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para o cultivo de arroz em Moçambique surge no âmbito de requisitos necessários para a obtenção de grau de licenciatura no Curso de Produção Agrícola, pela Universidade Eduardo Mondlane na Escola Superior de Desenvolvimento Rural.

Segundo a ORGANIZAÇÃO das NAÇÕES UNIDAS para ALIMENTAÇÃO e AGRICULTURA (FAO, 2005), cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas, sendo que mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. A produção de arroz alimenta quase metade da população mundial e constitui fonte de renda para milhões de habitantes rurais pobres principalmente nos países em via de desenvolvimento.

A Ásia ocupa lugar de destaque por produzir 90% do arroz consumido em todos continentes. Entre os Países produtores, a China ocupa primeiro lugar, com 39% do total produzido no continente Asiático e 36% da produção mundial, (FAO, 2005).

Em Moçambique, em particular a produção de arroz tem conhecido redução significativa nas últimas décadas (CUNGUARA, 2011). De acordo com o MINISTERIO da AGRICULTURA (MINAG, 2009) a redução da produção está relacionada a falta de estudos detalhados sobre os locais com potencial para o cultivo de arroz, como factor principal da redução da produção da cultura de arroz em Moçambique. Ainda, o CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CNDS, 2002), associa a fraca produção com a distribuição irregular das características fisiográficas e condições climáticas.

Como forma de minimizar o problema da fraca produção, rápidos progressos na área de investigação de aptidão para o cultivo de várias culturas, (RODRIGUEZ & LOPEZ, 2000; SILVA, 2007; MIURA *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2013) tem evidenciado que os SIGs podem auxiliar no estudo detalhado de áreas com potenciais para o cultivo.

De acordo com ASSAD & SANO (1998), os SIGs são considerados instrumentos computacionais do geoprocessamento, podendo ser conceituados como um conjunto de ferramentas que permite a colecta, o armazenamento, a recuperação, a transformação e a apresentação de dados do mundo real para determinados objectivos específicos, que geralmente são o apoio a tomada de decisão.

Segundo CARVALHO *et al.*, (2000) a tecnologia de SIG integra operações convencionais de bases de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados com possibilidade de selecção, busca de informações e análise estatística, conjuntamente com a possibilidade de visualização e análise geográfica oferecida pelos mapas.

Assim o presente trabalho visa contribuir para o uso de tecnologia de informação geográfica para identificação de áreas potencialmente aptas para cultivo do arroz em Moçambique compreendendo cinco capítulos:

O capítulo I compreende a revisão de literatura que faz uma descrição sintetizada sobre a cultura de arroz e a tecnologia de SIG; seguido pelo II capítulo descreve a metodologia usada no presente estudo, desde a área de estudo, sua localização, condições climáticas aspectos físicos geográficos, uso e cobertura da terra, descrição dos materiais (dados e *software*) e métodos (revisão de literatura, análise de dados). O capítulo III compreende os resultados obtidos e a discussão dos mesmos, o capítulo IV compreende a conclusão do estudo e recomendações e o capítulo V retrata a revisão das literaturas usadas no estudo.

1.2. Problema

Segundo MINAG (2009), existe uma baixa produtividade do sector agrário que impede a cobertura dos défices verificados na produção de alguns produtos agrários, como é o caso do arroz, e isto é devido a vários factores entre eles a utilização de técnicas de cultivo tradicionais, baixa utilização de insumos e pouco conhecimento da extensão das áreas de produção (*esse factor faz com o arroz seja produzido em áreas onde dificilmente desenvolve-se bem, resultando numa baixa produtividade*).

A falta de um instrumento de apoio na análise de aptidão de solos para o cultivo de arroz aliado a falta de pessoal treinado para o efeito também contribui para o fraco desenvolvimento da actividade agrícola particularmente a produção deste cereal.

A maior preocupação nacional é a busca de soluções rápidas e menos onerosas para maximizar a oferta deste alimento, garantindo desse modo a segurança alimentar. A integração do SIG na identificação da aptidão agrícola tem sido referenciada por diversos autores, sendo que em ambiente SIG vários índices podem ser gerados e analisados de forma mais eficiente. Assim sendo surge a seguinte pergunta de pesquisa: até que ponto o uso de Sistema de Informação Geográfica pode influenciar na identificação das terras aptas a produção da cultura de arroz em Moçambique.

1.3. Justificação

Terras potencialmente aptas para o cultivo de arroz em Moçambique são pouco conhecidas e a informação de últimos estudos de aptidão para cultivo deste cereal é escassa e específica pequenas áreas. O país é vasto e não se sabe quais as condições ótimas de produção de arroz, tendo em conta as diferentes condições proporcionadas pela natureza (temperatura, precipitação, elevação, textura, capacidade de retenção de água no solo)

O conhecimento de áreas aptas para a produção de arroz em Moçambique constitui um ganho para investidores da área agrícola bem como para incrementar a produção da cultura de arroz, e ajudar ao governo no desenho das políticas e estratégias para a promoção do desenvolvimento desta cultura no país. Adicionalmente, o uso de técnicas de SIG para a identificação e quantificação das referidas áreas constitui uma oportunidade de utilização de um método de relativo baixo custo que pode ser explorado para trabalhos similares.

Dada a escassez do arroz no país, o uso da tecnologia do SIG surge como uma ferramenta de impulsionar a produção do mesmo, pelo facto de ser uma tecnologia de rápidos resultados e alta precisão. Daí que surge a necessidade de desenvolver o presente estudo que irá dar o contributo na identificação de áreas aptas a produção da cultura de arroz tendo como recurso o SIG.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo Geral

Aplicar a técnica de SIG para identificar terras potencialmente aptas para cultivo de arroz em Moçambique.

1.4.2. Objectivos Específicos

- Analisar os factores que influem na produção de arroz;
- Mapear áreas em função do seu nível de aptidão para cultura do arroz;
- Avaliar o desempenho do uso da tecnologia de SIG na identificação da aptidão agrícola

2. REVISÃO DE LITERATURA

O presente capítulo faz uma descrição detalhada e sintetizada sobre a tecnologia dos SIGs, acultura de arroz desde sua origem, aspectos botânicos, exigências edafoclimáticas da cultura, cultivo em Moçambique, trabalhos científicos realizados no país como forma de prover o presente trabalho de base e enquadramento teórico essenciais para um entendimento adequado dos resultados a serem produzidos.

2.1. Sistemas de Informação Geográfica e Contexto

Segundo NETO (2005), Sistemas de Informação (SI) é um conjunto de componentes inter-relacionadas que recolhem, processam, armazenam e distribuem informação para suportar a tomada de decisão e o controlo de uma organização. Para O'BRIEN (2000), Sistema de Informação é um conjunto formado por pessoas, *software*, *hardware*, procedimentos e dados, responsável por difundir as informações através da organização. Este autor afirma ainda a existência de vários tipos de Sistema de Informação, sendo eles classificados de acordo com seus objectivos e tipos de informações que manipulam.

Segundo RAPER & MAGUIRE (1992), SIGs são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar, exibir e imprimir dados referenciados espacialmente sob a superfície da Terra. Porém para BURROUGH (1986), SIG é um conjunto de instrumentos para coleccionar, organizar, recuperar à vontade, transformar e apresentar dados espaciais (dados com referência geográfica) do mundo real para certo conjunto de propósitos. Para CARRARA e GUZZETTI (1995), SIGs são instrumentos ao serviço da gestão dos recursos naturais e do ordenamento, que permitem dispor, em qualquer momento, de um conjunto integrado de dados multi-sectoriais de origens diferentes, facilmente actualizáveis entre si, através de um referencial comum num mesmo espaço geográfico.

Em todas definições é notável que está inclusa uma componente importante, a dos dados espaciais. Estes podem ser considerados como a unidade básica dos sistemas de informação geográfica.

A tecnologia de SIG vem se impondo como uma ferramenta de rotina a visualização e análise de informação espacial extensivamente em diversas aplicações. Vide a Tabela 2.1.

Tabela 1: Finalidade, Objectivo e Áreas de Aplicação dos SIGs

Finalidade	Objectivo	Áreas de Aplicação
Projectos	Definição das características do projecto	Projecto de loteamentos Projecto de irrigação
Planeamento territorial	Delimitação de zoneamento e estabelecimento de normas e directrizes de uso	Elaboração de planos de maneio de unidades de conservação Elaboração de planos directores municipais
Modelagem	Estudo de processos e comportamento	Modelagem de processos hidrológicos
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais	Gerenciamento de serviços de utilidade pública Gerenciamento costeiro
Avaliação de riscos e potenciais	Identificação de locais susceptíveis à ocorrência de um determinado evento ou fenómeno	Elaboração de mapas de risco Elaboração de mapas de potencial
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenómenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo	Monitoramento da cobertura florestal Monitoramento da expansão urbana
Logístico	Identificação de pontos e rotas	Definição da melhor rota Identificação de locais para implantação de actividades económicas
Banco de Dados	Armazenamento e recuperação de dados	Cadastro urbano e rural

Fonte: Burrough, 1986

As componentes dos SIGs, têm várias interpretações. Há quem defenda que um SIG é composto por *hardware*, *software*, contexto humano e institucional (MAGUIRE *et al.*, 1991). Outros, acrescentam a componente de dados como essencial na abordagem dos SIGs (SAN-PAYO, 1994).

Nos dias de hoje, pode-se considerar que os SIGs são constituídos por cinco componentes-chave que são: o *hardware*, os dados, o *software*, os procedimentos e os recursos humanos, (SAN-PAYO, 1994). Dentre as componentes de um SIG, os dados aparecem como uma restrição a sua implementação. Em geral, a carência de dados faz com que sua aquisição seja dispendiosa em relação a outros componentes. Com a evolução da informática o usuário tem acesso mais facilitado ao *hardware* e *software* em qualquer parte do mundo, porém o dado é de acesso mais difícil devendo ser colectado e avaliado para tornar-se informação consistente (CÂMARA, 1993).

Em relação ao *software*, para BURROUGH (1998) é uma sequência de instruções escritas para serem interpretadas por um computador com o objectivo de executar tarefas específicas. Segundo MEDEIRO (2011), existem vários softwares para os SIG's, sendo que a escolha deste é baseada em vários critérios, nomeadamente os objectivos de projecto, compatibilidade com sistema operacional, funções disponíveis no *software*, interoperacionalidade, extensibilidade do *software*, plano de desenvolvimento do *software*, força da comunidade internacional e realização de testes de desempenho.

2.1.1. Dados em SIG

A componente de dados é referenciada por SAN-PAYO (1994), como uma das mais importantes num SIG. Esta componente diz respeito aos dados que são armazenados numa ou mais bases de dados. Tendo em conta os dados que suportam um SIG, estes dividem-se em espaciais e não-espaciais. Os dados espaciais são, normalmente, obtidos a partir de uma ou mais fontes que podem ser cartas topográficas, fotografias aéreas, imagens de satélite, trabalho de campo ou até outras bases de dados (FRANK, 1988). No que concerne ao segundo tipo de dados, o termo não-espacial é usado como um sinónimo de atributo. Estes dados são associados aos

dados espaciais e chegam normalmente, através de observações de campo, amostragens locais, censos, resultados estatísticos, (ABRANTES, 1998).

Segundo CENTRO NACIONAL de INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA e ANÁLISE (NCGIA, 1990), existem duas abordagens principais de representação das componentes espaciais associadas à informação geográfica: o modelo matricial (ou raster) e o modelo vectorial.

2.2.1.1. Modelo Matricial

No modelo matricial, também denominado de raster, segundo MAGUIRE (1992), o terreno é representado por uma matriz $M(i, j)$, composta por i colunas e j linhas, que definem células, denominadas como *pixels* (*picture cell*), ao se cruzarem. Cada *pixel* apresenta um valor referente ao atributo (Figura 2.1).

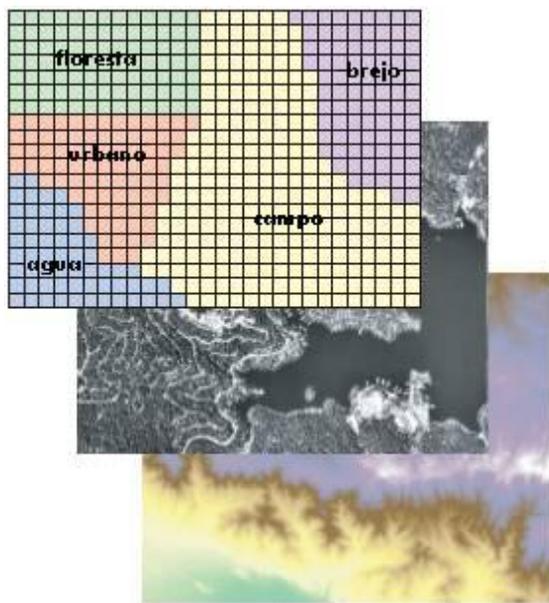


Figura 1: Modelo de Representação Matricial (Fonte: ESRI, 2004)

Neste tipo de representação, a superfície é concebida como contínua, onde cada *pixel* representa uma área no terreno, definindo a resolução espacial. Em dois documentos visualizados na mesma escala, o de maior resolução espacial apresentará *pixels* de menor tamanho, já que discrimina objectos de menor tamanho, (MAGUIRE, 1992).

PAREDES (1994), aponta algumas vantagens e desvantagens que o modelo matricial apresenta.

Vantagens

- Utiliza estrutura mais simples;
- Operações de *overlay* são implementadas mais eficientemente;
- Representação eficiente de áreas com alta variação espacial;
- Tratamento adequado de imagens produzidas por satélites.

Desvantagens

- Estrutura de dados menos compactos;
- Armazenam uma maior quantidade de dados, independente da utilização de métodos de compactação;
- Relacionamentos topológicos são mais difíceis de serem representados;
- Saída gráfica com menor resolução.

2.1.1.2. Modelo Vectorial

Segundo LAURINA & THOMPSON (1992), na estrutura vectorial, a localização e a feição geométrica do elemento são armazenadas e representadas por vértices definidos por um par de coordenadas (x e y) conforme na Figura 2.3. Dependendo da sua forma e da escala cartográfica, os elementos podem ser expressos pelas seguintes feições geométricas:

- Pontos – representados por um vértice, ou seja, por apenas um par de coordenadas, definindo a localização de objectos que não apresentam área nem comprimento, (Exemplos: hospital, cidade).
- Linhas poligonais ou arcos – representados por, no mínimo, dois vértices conectados, gerando polígonos abertos que expressam elementos que possuem comprimento ou extensão linear, (Exemplos: estradas, rios).
- Polígonos - representados por, no mínimo, três vértices conectados, sendo que o primeiro vértice possui coordenadas idênticas ao do último, gerando, assim, polígonos fechados

que definem elementos geográficos com área e perímetro, (Exemplos: limites políticos-administrativos, classes de mapas temáticos).

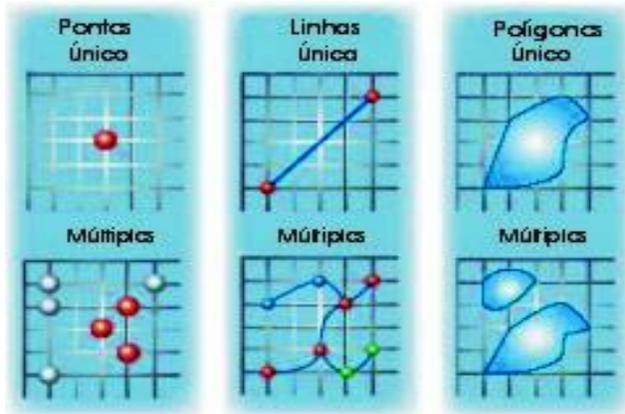


Figura 2: Modelo de Representação Vectorial (Fonte: ESRI, 2004)

De acordo com LAURINA & THOMPSON (1992), o modelo vectorial apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens

- Utiliza uma estrutura de dados mais compacta do que o modelo raster;
- Suporta o armazenamento de topologia;
- Permite a realização de cálculos de medidas espaciais mais precisas;
- Suporte adequado para operações que requerem informações topológicas. Gera saídas gráficas de melhor qualidade.

Desvantagens

- As estruturas de dados são mais complexas que no modelo raster;
- Operações de *overlay* são mais difíceis de serem implementadas;
- A representação de áreas com alta variação espacial é ineficiente;
- Manipulação de imagens geradas por satélites é inadequada.

2.1.2. Uso de SIG em Moçambique

Em Moçambique tem se desenvolvido vários estudos em diversas áreas tendo como instrumento de apoio os SIGs. SCHNEIDER *et al.*, (2005), VILANCULOS (2006), MACUACUA (2008), DIAS (2010), LUÍS (2011), MACUACUA (2011) e GULENE (2013), são exemplos de autores que realizaram trabalhos a nível nacional aplicando a técnica de SIG (Tabela 2.2). Os resultados obtidos nos estudos comprovaram que os SIG são ferramentas que oferecem alto nível de precisão, encorajando desse modo os autores a recomendarem a aplicação da tecnologia.

Nos últimos anos, as empresas de serviços vêm passando por uma grande revolução na sua gerência e forma de trabalho. Com a implantação do SIG, elas conseguem uma melhor forma de gerir suas redes de infra-estrutura, no atendimento aos clientes e, principalmente devido à concorrência, no crescimento de sua participação no mercado.

Tabela 2: Alguns Estudos Feitos em Moçambique Tendo SIG como Recurso

Autor	Estudo
Gulene (2013)	Análise de acidentes de viação na cidade da Beira- Uma perspectiva geográfica.
Luís (2011)	Aplicação de SIG e Detecção Remota no monitoramento do mangal- Cidade da Beira.
Macuacua (2011)	Avaliação do impacto de mudanças de uso e cobertura de terra e aumento de abstração de água pela agricultura no regime do rio Incomati.
Dias (2010)	Análise espacial do uso e cobertura da terra em Moçambique, estudo do caso de Distrito de Marracuene- Posto Administrativo de Marracuene.
Macuacua (2008)	Aplicação do GeoSFM e SIG para Simulação de Níveis Hidrométricos e Previsão de Cheias e seus Impactos.
Vilanculos (2006)	Desenvolvendo uma metodologia para previsão de cheias na bacia do Limpopo com recurso a GIS e Sensoriamento Remoto.
Schneider <i>et al.</i> ,(2005)	Aplicação do SIG na planificação de áreas protegidas e manejo de fauna bravia.

2.2. Cultura de Arroz

2.2.1. Origem, Evolução e Domesticação da Cultura de Arroz

O arroz com nome científico *Oryza sativa* L. é uma cultura anual, classificada no grupo de plantas C-3, adaptada ao ambiente aquático. A multiplicação da cultura ocorre sexualmente, via polinização (transferência de grão de pólen da antera para o estigma, na mesma flor ou de uma flor para outra), (WATANABE, 1997).

Segundo KRUSH (1997), o arroz é originário da Ásia Neolítica onde é cultivado há mais de 3.000 anos. As espécies cultivadas de arroz originaram-se há aproximadamente 130 milhões de anos atrás, assim como as demais gramíneas, e actualmente podem ser encontradas em todos continentes, excepto na Antártica. Em relação ao caminho evolutivo, aponta *Oryza nifipogon*, planta primitiva perene como sua espécie ancestral. A espécie *Oryza nifipogon* ao longo da evolução desenvolveu ciclo anual, originando a *Oryza nivara* que ao ser domesticada originou a *Oryza sativa*. Ao que se refere a espécie ancestral *Oryza glaberrima*, afirma ser a espécie selvagem perene *Oryza longistaminata*.

O centro da domesticação do arroz corresponde ao Nordeste da Índia, Norte da Bangladesh e ao triângulo formado pela Birmânia, Tailândia, Laos, Mianmar e Sul da China. Quanto a época da domesticação, os sinais mais antigos contendo indícios de utilização de arroz datam de 4500 a 5500 a.C., encontrados em sítios arqueológicos da Índia, Tailândia e China, (MORISHIMA, 1986).

2.2.2. Taxonomia e Evolução Varietal da Cultura de Arroz

O arroz pertence a divisão angiosperma, classe monocotylidoeae, subclasse commelinide, ordem graminales, família gramínea e ao género *Oryza*. De acordo com LU, (1999) o género *Oryza* possui 24 espécies, dos quais segundo KHUCH, (1997) somente duas são cultivadas: *Oryza glaberrima* Steud., cultivado no Oeste da África e da Ásia, e *Oryza sativa* L., cultivado em todo mundo.

Estudos realizados por KATO *et al.*, (1928) classificaram as variedades de *Oryza sativa* L. em indica e japónica, com base na morfologia da planta e do grão, esterilidade do híbrido e

distribuição geográfica da espécie. MORINAGA (1954), propôs um terceiro grupo chamado javanico. Ainda, GLASZMANN (1987), baseando-se no padrão alélico de 21 *loci* inzoenzimáticos, obteve a formação de seis grupos, onde as cultivares do grupo indica e japonica foram localizadas nos grupos I e VI, respectivamente e as do grupo javanica, no grupo VI, junto com as do grupo japónica, por isso o grupo javánica é conhecido como japónica tropical. Mais recentemente de acordo com MORISHIMA *et al.*, (1992) o complexo *Oryza sativa* possui duas subspécies principais, sendo elas *Oryza Sativa* ssp. Indica e *Oryza Sativa* ssp. Japonica.

2.2.3. Morfologia e Ciclo de Desenvolvimento da Cultura de Arroz

O sistema radicular é fasciculado, bastante abundante e superficial, desenvolvendo-se mais no sentido horizontal que no vertical. Cerca de 95% das raízes, em condições normais, permanecem superficialmente, nos primeiros 15cm do solo sendo que pode atingir 1m de profundidade. O caule é um colmo com nós e entre nós bem marcados. A folha consiste de bainha e limbo, a bainha envolve o colmo acima do nó. As flores são pequenas, com brácteas na base e dispostas em inflorescências secundárias do tipo espiga. O fruto é do tipo cariopse, indescente e seco, (MIKKELSEN & BETTA, 1991).

Segundo VERGARA (1980) & YOSHIDA (1981) o ciclo de desenvolvimento do arroz ocorre em três fases:

- Vegetativa: vai da germinação até ao alongamento do colmo. A duração dessa fase varia entre 30 a 60 dias.
- Reprodutiva: parte do alongamento do colmo e vai até a floração. Normalmente tem duração de 35 dias.
- Maturação: começa do grão leitoso até o grão maduro, e a sua duração é de cerca de 30 dias.

A duração de cada fase é em função da cultivar, época de sementeira, região de cultivo e das condições de fertilidade do solo. A duração do ciclo varia entre 100 a 140 dias para a maioria das cultivares praticadas em sistema inundado, sendo que a maior parte da variação entre

cultivares ocorre na fase vegetativa; as cultivares de sequeiro tem duração de ciclo entre 110 e 155 dias, (VERGARA, 1980 & YOSHIDA, 1981).

2.2.4. Factores que Influem na Produção de Arroz

2.2.4.1. Condições Climáticas

Segundo NEVES (2007), o arroz é cultivado numa faixa de grande amplitude, desde as regiões tropicais até as temperadas. Ele adapta-se aos mais variados climas, tendo como factores climáticos de maior importância a temperatura, precipitação, radiação e o fotoperíodo.

Temperatura

Cada fase fenológica tem sua temperatura crítica óptima, mínima e máxima. Segundo MIKKELSEN & BETTA (1991), o cultivo de arroz adapta-se a temperaturas entre 20°C a 35°C. As faixas de temperatura óptima variam de 20°C a 35°C para a germinação, de 30°C a 33°C para a floração e de 20°C a 25°C para a maturação. A planta é mais sensível às baixas temperaturas no estágio de pré-floração, pode-se considerar o período do emborrachamento, que vai de 7 a 14 dias antes da emissão das panículas, como o mais sensível. A floração é o segundo estágio mais sensível às baixas temperaturas. Dependendo da sensibilidade das cultivares, temperaturas inferiores a 15°C ou 20°C induzem a esterilidade das espiguetas. A ocorrência de temperaturas superiores a 35°C pode causar esterilidade de espiguetas, principalmente se a cultura estiver sob limitado suprimento de água.

Precipitação

Segundo IIAM (2011), a quantidade de água exigida para o cultivo de arroz é o somatório da água necessária para saturar o solo, formar uma lâmina, compensar a evapotranspiração e repor as perdas por percolação vertical, as perdas laterais e dos canais de irrigação. Esta quantidade depende, principalmente, das condições climáticas, do manejo da cultura, das características físicas do solo, da duração do ciclo da cultivar e da profundidade do lençol freático. De acordo com Ochse *et al.*, (1965) a quantidade de precipitação ideal para o cultivo de arroz é 1200mm podendo suportar o mínimo de 600mm.

Radiação solar

A necessidade de radiação solar difere de um estágio de crescimento do arroz para outro. No estágio inicial de crescimento a planta de arroz necessita de pouca radiação solar. Com a idade, a necessidade de radiação solar aumenta progressivamente. A produtividade é fortemente influenciada quando o sombreamento ocorre durante as fases reprodutivas e de maturação pela redução, respectivamente, do número e do enchimento das espiguetas, (YOSHIDA & PARAO, 1976).

Os maiores incrementos na produtividade, para níveis crescentes de radiação solar, são obtidos durante fases reprodutiva e de maturação. A fase vegetativa apresenta uma baixa resposta à radiação solar. Produtividades em torno de 5 ton/ha` podem ser alcançadas com níveis de radiação solar de aproximadamente 300 cal/cm²/dia durante a fase reprodutiva, (YOSHIDA & PARAO, 1976).

Fotoperíodo

É o tempo, em horas, compreendido entre o nascer e o pôr-do-sol. Considera-se como fotoperíodo ideal o comprimento do dia no qual a duração da emergência até a floração é mínima. Para a maioria das cultivares de arroz, esse comprimento situa-se em torno de 10 horas por dia, (NEVES, 2007),

2.2.4.2. Solos e Topografia

Segundo FAGERIA (2003), a cultura adapta-se melhor a uma topografia plana, suave ondulada, com declividade que varia de 0-3% podendo se estender até 8%, para evitar estagnação de água, solo argiloso ou franco-argiloso impermeável a uns 20 a 25 cm da superfície para reter a água, facilitar a drenagem, a emergência das plântulas de arroz, permitir o seu preparo, o controle das plantas daninhas e a colheita. Quanto à acidez, a faixa indicada de pH varia de 5,7 a 6,2, o arroz produz-se ainda em solos que tenham alto índice de acidez e baixo teor de elementos minerais. Em terrenos alcalinos, o arroz apresenta um fraco desenvolvimento.

2.2.5. Cultivo de Arroz em Moçambique

Segundo MINAG (2009), em Moçambique mais de 75% do arroz é cultivado nas províncias de Centro e Norte sendo que a área potencial ainda não é devidamente explorada. Além de infra-estruturas, há características e dinâmicas sociais e económicas que afectam e constroem, a capacidade de aproveitamento e desenvolvimento do potencial para o cultivo do arroz, nomeadamente:

- O baixo uso de tecnologias melhoradas, incluindo sementes fertilizantes e pesticidas;
- As dificuldades no acesso e utilização da terra;
- O fraco acesso aos mercados de insumos e factores;
- O fraco apoio financeiro aos produtores.



Figura 3: Produção de Arroz, Regadio de Chokwé, Província de Gaza (Fonte: MINAG, 2009)

Actualmente a área cultivada de arroz em Moçambique é estimada em 200.000 ha com um rendimento médio de 1.1t/ha conforme a Figura 2.4. A produção anual de arroz é de aproximadamente 120.000 toneladas (arroz descascado) num ano de boa precipitação, mas as necessidades nacionais excedem 200.000 toneladas por ano, (MINAG, 2009).

Segundo o INSTITUTO INTERNACIONAL de INVESTIGAÇÃO de ARROZ (IRRI, 1995), Moçambique possui 4 ecossistemas de arroz:

- Sequeiro de terras baixas, que perfaz 85% da produção total de arroz em Moçambique. As provinciais produtoras são Sofala, Zambézia e algumas áreas de Cabo Delgado e Nampula.
- Sequeiro de terras altas, que contribui com 10% na produção nacional de arroz. É praticado no Norte das províncias de Nampula e Cabo Delgado.
- Arroz irrigado, abundante nas províncias de Zambézia, Sofala e Gaza.
- Sequeiro favorecido pelas variações da maré, abundante nas partes costeiras do País.

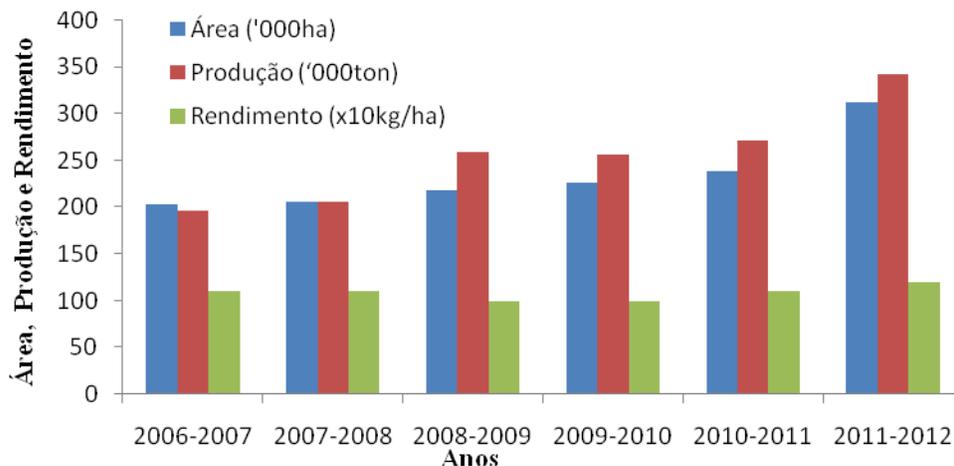


Figura 4: Produção de Arroz em Moçambique do Ano 2006 a 2012 (Fonte: MINAG, 2009)

2.2.6. Trabalhos Realizados sobre a Cultura de Arroz em Moçambique

Segundo IIAM (2014), uma das estratégias para aumentar a produtividade na produção do arroz é a utilização de tecnologias melhoradas e cada vez mais rentáveis. Após variados ensaios “*on-station*”, onde a produtividade do arroz atingiu níveis de 8.3ton/ha, a Agência de Cooperação Internacional de Japão (JICA) e o IIAM introduziram em ensaios “*on-farm*” uma nova tecnologia para a produção do arroz no regadio de Chókwè (Diques D4 e D7) com vista analisar a rentabilidade da produção com utilização deste pacote. A tecnologia combina a utilização de 100 Kg/ha de nitrogénio, 6 plântulas por covacho e a técnica de transplante para a produção de arroz da variedade Limpopo. Ao fim do ensaio pode-se concluir que os rendimentos obtidos nas condições do produtor cifram-se em 6,5ton/ha, sendo que os mesmos são muito próximos aos verificados nos ensaios *on-station* durante o processo de desenvolvimento da tecnologia.

Ainda, uma nova variedade de arroz produzida no distrito de Matutuine, província do Maputo foi testada em ensaios realizados pelo IIAM (2011), com o objectivo de avaliar a viabilidade do produto. Os ensaios efectuados com a nova variedade resultaram numa produção que varia entre 7-9ton/ha de arroz. A variedade em questão foi aprovada no ano acima citado pelo IRRI, um organismo da família da Organização das Nações Unidas (ONU). No global, estão a ser testados no distrito de Matutuine cerca de 18 diferentes variedades de arroz visando apurar a viabilidade do produto para a sua produção em grande escala, IIAM acrescentando que á medida insere-se nos esforços visando a redução dos níveis de importação deste cereal.

2.3. Métodos para Identificação de Áreas Aptas para Diversas Culturas

2.3.1 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como uma técnica de se obter informações sobre um determinado objecto, área ou fenómeno, através de dados colectados por um equipamento, que não entra em contacto directo com o objecto, área ou fenómeno estudado, (LILLESAND & KIEFER, 1987).

O sensoriamento remoto parte do princípio de que cada objecto tem uma característica única de reflexão e emissão de energia electromagnética. Com isso, pode-se identificar e entender o objecto ou condições ambientais através dessa unicidade de comportamento. Portanto, dois objectos diferentes irão interagir distintamente com a energia electromagnética, pelo menos em alguns comprimentos de onda, permitindo assim sua identificação e diferenciação, (NOVO, 1992).

Segundo GARCIA (1982), o campo de aplicação de sensoriamento remoto expandiu-se muito nos últimos anos, favorecido pelas seguintes vantagens que apresenta:

- Visão sinóptica; sua resolução temporal que permite a colecta de informações em diferentes épocas do ano e em anos distintos, o que facilita os estudos dinâmicos de uma região;
- Resolução espectral que permite a obtenção de informações sobre um alvo na natureza em distintas regiões do espectro, acrescentando assim uma infinidade de informações sobre o estado dele;

- Resolução espacial, que possibilita a obtenção de informações em diferentes escalas, desde as regionais até locais, sendo este um grande recurso para estudos abrangendo desde escalas continentais, regiões até um quarteirão.

MARQUES e VIEIRA (1999), citam as desvantagens que a tecnologia de sensoriamento remoto apresenta, nomeadamente:

- Às vezes necessita de investigação de campo;
- Não capta informações directas abaixo da superfície;
- Não pode ser usado como medida de perfil vertical quer na terra quer no mar.
- A interpretação dos dados pode ser difícil

2.3.2. Sistema de Cartografia Digital

Segundo TAYLOR (1991), um sistema de Cartografia Digital (CD) pode ser compreendido como um conjunto de ferramentas, incluindo programas e equipamentos, orientado a conversão para o meio digital, armazenamento e visualização de dados espaciais. Um sistema de CD tem como ênfase a produção final de mapas que dão representações precisas de uma determinada área. Para BLATCHFORD & RHIND (1989) a CD pode ser vista como uma parte de um SIG tendo em mente que os mapas são o centro para todos os SIGs. Uma outra visão de STEFANOVIC *et al.*, & TAYLOR (1991) é que um SIG representa uma superestrutura de um sistema de CD. Todos os SIG's têm componentes de CD, mas nem todos os sistemas de CD têm componentes de um SIG. Como vantagens e desvantagens desse método pode-se citar:

Vantagens

- Possibilidade de recimbolização e fácil alteração;
- Emprego de algoritmos de generalização permitindo criar mapas de síntese regional;
- Possibilidade de avaliação dos resultados a prior da impressão;
- Empregue em um SIG;
- Revisão contínua da base de dados;
- Pode ser representada maior quantidade de informação;
- Derivação de outros temas a partir do processamento dos mapas digitais.

Desvantagens

- Exige pessoal mais qualificado;
- Aprendizado continuado, posto que consiste em uma tecnologia em constante avanço;
- Geração de mapas de baixa qualidade.

3. METODOLOGIA

3.1. Localização Geográfica de Moçambique

Moçambique fica situado na costa Oriental da África Austral entre os paralelos 10°12'S e 26°52'S e desde o meridiano de 30° Este até a costa onde se encontra o Oceano Índico ao longo do qual Moçambique tem uma extensão costeira de 2.515Km, apresenta uma superfície estimada de 799.380Km² e uma fronteira terrestre de 4.330Km. É ainda limitado por seis países, estando a norte Tanzânia, a nordeste Malawi e a Zâmbia, a oeste Zimbabwe, a sudoeste África de Sul e Suazilândia, e a sul África de Sul, (CAMBULA, 2005).

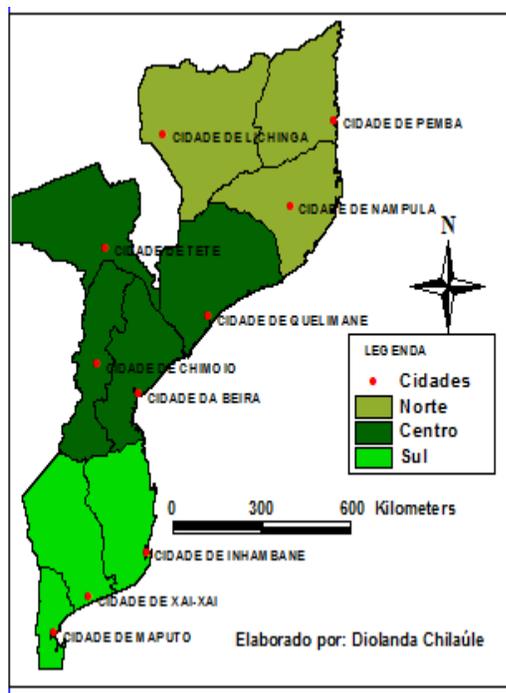


Figura 5: Localização Geográfica de Moçambique

3.2. Aspectos Físico-Geográficos

3.2.1 Características Climáticas

De acordo com a classificação climática de Köppen, 80% da área do país é classificada como clima tropical de savana (AW) e 15% constitui a zona sub-húmida. As zonas áridas e húmidas constituem respectivamente a 2 e 3% da área total de Moçambique. Ainda, BUNESSENE (2002), afirma que o clima do País é predominantemente tropical húmido, com

duas estações: fresca e seca de Maio-Setembro, que variam de intensidade conforme a altitude, quente e húmida de Outubro -Abril. A humidade relativa é elevada variando entre 70% a 80%, com valores diários a oscilarem entre 10% a 90%.

Segundo INSTITUTO NACIONAL de METEOROLOGIA (INAM, 2003), a precipitação é mais abundante no Norte do País, onde a média anual varia entre os 800 a 1200mm atingindo os 1500mm nos planaltos de Zambézia e de Lichinga, excepto à Província de Tete que recebe uma precipitação inferior a 600mm/ano. O Sul de Moçambique é em geral mais seco com precipitação média anual inferior a 800mm descendo para 300mm na região do Pafuri. O Centro e toda a linha costeira recebem uma precipitação que vai de 800 a 1000mm. Na formação montanhosa de Gorongosa, a precipitação excede os 1500mm.

No sul do país, a temperatura média anual varia entre 23° C, nas regiões costeiras e 25°C no interior, onde o clima é mais seco. Ao norte, em geral, as temperaturas são mais altas, com uma média anual entre 25-26°C nas baixas das zonas costeiras. Nas zonas mais altas, a temperatura é baixa, caso da Cidade de Lichinga, no nordeste, localizada a cerca de 1,200m acima do nível médio das águas do mar, onde a temperatura média anual é de 18° C. Na região central do país, a temperatura média anual é de 25°C, nas zonas altas ela diminui para 20°C, (INAM, 2003).

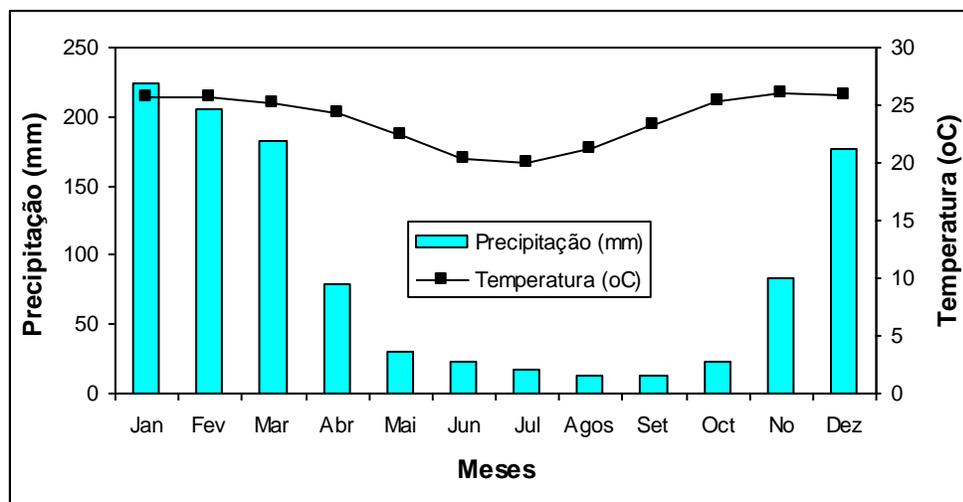


Figura 6: Distribuição da Temperatura e Precipitação Médias Mensais (Fonte: INAM -2003)

3.2.2. Recursos Hídricos

Moçambique possui 13 bacias hidrográficas principais, sendo do Sul a Norte do País (Tabela 3.1). É um País de jusante, partilhando 9 das q15 bacias internacionais da região da Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral (SADC). Os rios são os maiores transportadores dos recursos hídricos do País, dos quais mais de 50% são oriundos dos Países de montante, (DNA, 2011).

Tabela 3: Principais Bacias de Moçambique

Região	Bacia	Área (km ²)	
		Em Moçambique	Total
Sul	Maputo	1570	29800
	Umbeluzi	2400	5600
	Incomati	14900	46200
	Limpopo	79600	412000
	Save	4600	88400
Centro	Búzi	25800	28800
	Pungoé	28000	29500
	Zambeze	140000	1200000
	Licungo	27700	27700
	Ligonha	16300	16300
Norte	Lúrio	60800	60800
	Messalo	24000	24000
	Rovuma	101200	155400

Fonte: DNA, 2011

3.2.3. Relevo

O relevo moçambicano é constituído por 3 estruturas principais: planícies, planaltos e montanhas. De acordo com o MINISTÉRIO de COORDENAÇÃO AMBIENTAL (MICOA, 2007), a zona norte do País é constituída por uma grande formação montanhosa em que as maiores elevações se situam ao longo da margem leste do Vale do Rift da África Oriental. A região central é dominada pelo Vale do Baixo Zambeze. Junto ao delta, o vale é caracterizado

por planícies enquanto no interior, na província de Tete, as margens do vale são montanhosas. A zona sul do País, (a sul do Rio Save) é constituída por uma vasta planície litoral limitada por formações montanhosas ao longo da fronteira ocidental.

Segundo CORDEIRO (1987), o território é 44% constituído de planícies sobretudo a sul, enquanto os planaltos correspondem cerca de 43% da superfície do país. Os restantes 13% constituem as zonas montanhosas com uma altitude superior a 1000m. Assim Moçambique apresenta as seguintes características de relevo conforme as médias de altitude (Figura 3.2):

- Zona litoral: Até 200m
- Planaltos médios: 200m a 600m
- Altiplanaltos: 600m a 1000m
- Zonas montanhosas: 1000m a 2.500m

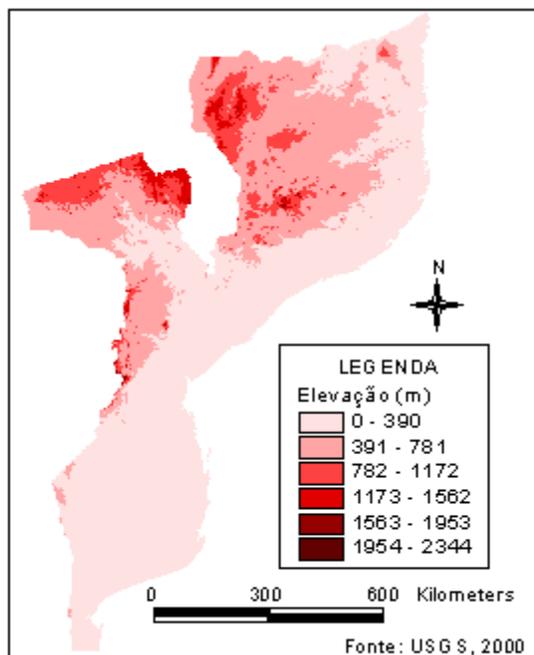


Figura7: Relevo de Moçambique

3.2.4. Solos

Segundo o CNDS (2002), Moçambique apresenta uma grande variedade de solos, sob influência marcada das condições geológicas e do tipo de climas característicos do país. Na região Norte, caracterizada por rochas do Pré-câmbrico e altas precipitações, os solos

predominantes são argilosos, variando entre franco argilosos–avermelhados que ocupam a maior parte e os argilosos vermelho acastanhados profundos com boa permeabilidade e drenagem. Os solos franco-argilosos são bastante vulneráveis à erosão enquanto os argilosos e os castanhos são menos susceptíveis. No litoral da zona norte há presença de rochas do Fanerozóico que provocam uma alteração dos solos. Aqui predominamos arenosos de dunas costeiras e fluviais, mas existem extensões de solos franco-argilosos, arenosos acastanhados ao sul de Tete, prolongando-se ao longo da bacia do Zambeze. No curso médio inferior deste rio os solos fluviais com elevada fertilidade tomam lugar, misturando-se primeiro com os anteriores e tornando-se mais dominantes na costa. No sul predominam solos arenosos de baixa fertilidade e baixo poder de retenção de água sendo interrompidos poucas vezes por solos arenosos brancos fluviais e marinhos. Ao longo dos vales dos rios encontram-se solos fluviais de alta fertilidade. Ao longo da fronteira sul e associando-se à cadeia dos Libombos existem solos delgados e pouco profundos, pouco aptos para agricultura (Figura 3.3).

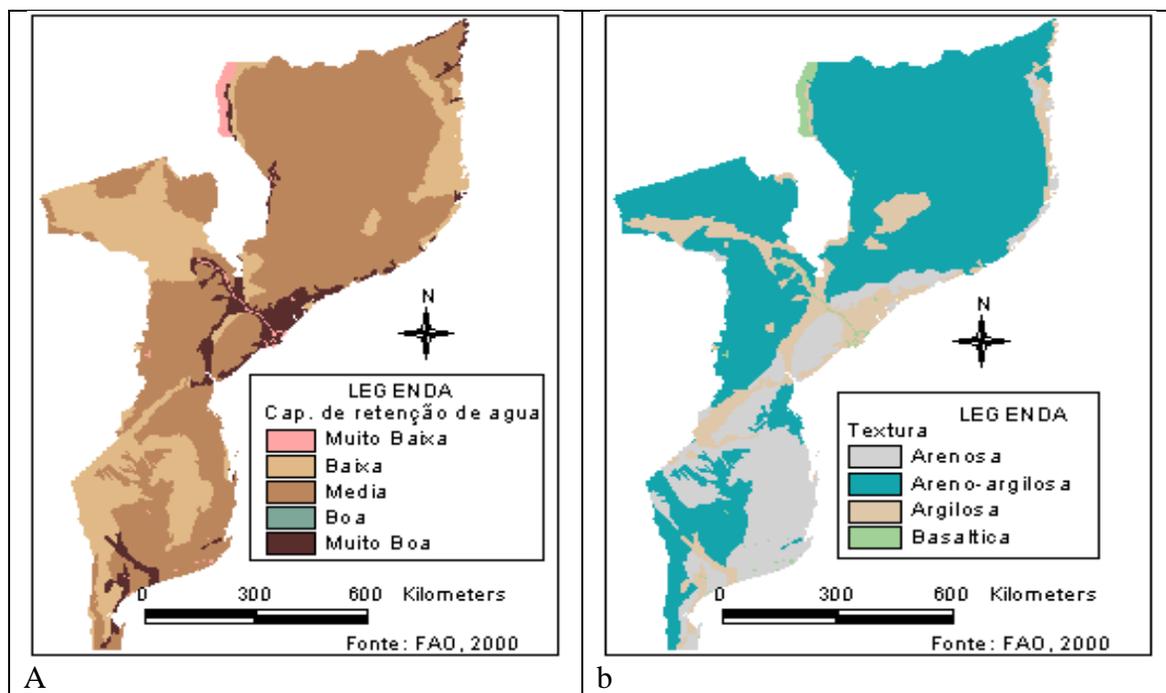


Figura 8: Capacidade de Retenção de Água no Solo (a), Textura do Solo (b)

3.3. Agricultura

Segundo HOGUANE (2000), a agricultura é a principal actividade económica do país, emprega mais de 80% da população e é praticada sob sistema de subsistência. A agricultura mecanizada ainda esta numa fase inicial de desenvolvimento, e é praticada por poucos camponeses.

De acordo com MICOA (2007), cerca de 36 milhões de hectares (aproximadamente 45% da área total do território) em Moçambique constituem a área com reconhecido potencial agrícola. Presentemente, acredita-se que apenas 20 a 30% da área potencialmente agrícola estejam efectivamente em uso, detendo o sector familiar 90% da área total (cerca de 2,5 milhões de famílias), estando os restantes 10% sob domínio do sector comercial. Da área em uso, 70% servem para a produção de alimentos tais como milho, mandioca, mapira, arroz, batata-doce, amendoim, feijões, sendo os restantes 30% destinados às culturas de rendimento, nomeadamente cana-de-açúcar, algodão, copra, chá, citrinos, castanha de cajú, tabaco, girassol e sisal.

O sector dos pequenos produtores tem características heterogêneas com diferentes sistemas produtivos, a prática de uma agricultura de sequeiro dependente da chuva, o uso de técnicas elementares com baixo nível de aplicação de insumos, e o uso da mão-de-obra familiar, em alguns casos com a contratação de mão-de-obra paga em espécie ou em dinheiro de acordo com as necessidades e oportunidades de mercado da produção final. O sector comercial está mais envolvido na produção de produtos de renda, apesar de ser um sector de capital intensivo, algumas das culturas de renda, grande parte da produção é garantida pelo sector dos pequenos produtores em regime de cultivo sob contrato, (MINAG, 2005).

Segundo INSTITUTO NACIONAL de ESTATÍSTICA (INE, 2003), do total da produção alimentar, o milho ocupa o primeiro plano em termos de total de produtores e em termos de área cultivada. A mandioca ocupa o segundo lugar apesar do seu baixo valor comercial, mas como grande substituto alimentar do milho, especialmente nas regiões norte e sul, seguido do amendoim e feijões que têm alto valor comercial, cuja produção está espalhada pelo país.

3.4. Vegetação

Segundo MICOA (2007), as florestas e outras formações vegetais nativas distribuem-se por cerca de 62 milhões de hectares, ou seja, 78% da superfície total do território nacional. Desta superfície, cerca de 22 milhões de hectares são classificados como contendo floresta comercialmente viável, 8,7% correspondem a florestas com alta a média produtividade, 26% de florestas de média a baixa produtividade e a restante percentagem a savanas pouco densas e de baixo valor comercial mas, com enorme valor social, pelo facto de ser aqui onde a população encontra as fontes de combustível lenhoso, material de construção, pastagens, diversos alimentos e plantas medicinais (Figura 3.5).

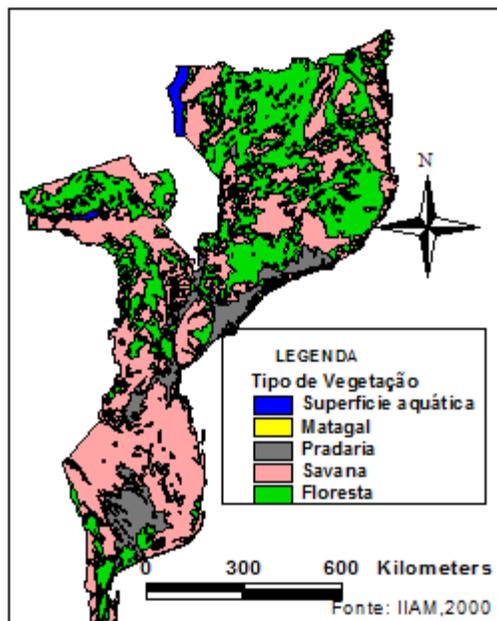


Figura 9: Tipo de Vegetação

3.5. Materiais e Métodos

A seguir é feita descrição detalhada dos materiais e métodos usados para responder aos objectivos delineados no presente trabalho, sendo apresentados esquemas, figuras e mapas como forma de melhor elucidar alguns dos elementos metodológicos aplicados.

3.5.1. Materiais

Para responder com os objectivos do presente trabalho, os seguintes materiais foram aplicados.

3.5.1.1. Dados

- Dados do clima- foram usados na confrontação de áreas aptas para o arroz em função da variação espacial da temperatura e precipitação. Estes dados foram adquiridos na ARA-Sul, onde posteriormente foi feito o mapa com da precipitação e temperatura ideal para a cultura de arroz de acordo com os valores da aptidão agrícola.
- Mapas de solos de Moçambique- foram usados na confrontação de áreas aptas para o arroz em função da variação da profundidade, elevação, capacidade de retenção de água e textura do solo. Estes dados foram adquiridos junto ao IIAM, e posteriormente foi criado o mapa de solos ideais para a cultura de arroz com base nos dados da tabela das regras de aptidão agrícola
- Mapa de uso e cobertura de terra- foram usados em conjunto com os resultados da intercessão dos mapas de solos dados de clima para de forma precisa determinar os diferentes tipos de uso e cobertura de terra na área de estudo. Estes dados foram obtidos da.

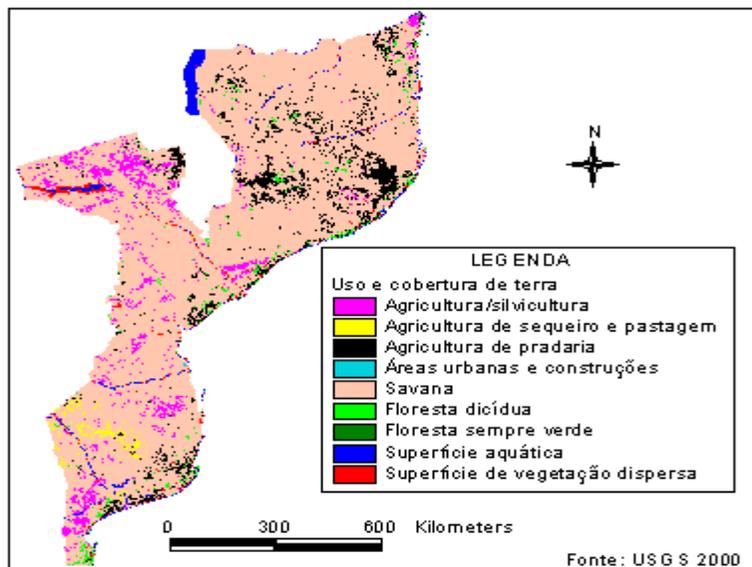


Figura 10: Uso e Cobertura do Solo

3.5.1.2. Softwares

- *ArcView 3.2*: foi usado para efectuar as análises espaciais de intersecção de diferentes mapas (solos, temperatura, precipitação, elevação) para determinar as áreas aptas para cultivo do arroz em Moçambique.
- *Microsoft Excel* foi usado para a representação gráfica e tabular dos resultados obtidos como forma de facilitar o entendimento dos mesmos.

3.5.2. Método

Parafraseando MINAYO (2000), a metodologia envolve concepções teóricas de abordagens, conjunto de técnicas que possibilitam a apreensão da realidade e também o potencial criativo do pesquisador. Com esta reflexão pretende-se apresentar a preocupação metodológica observada para o encaminhamento do estudo, numa lógica coerente e responsável da investigação.

Antes de aprofundar detalhadamente com este estudo, importa mostrar o fluxograma da metodologia (Figura 3.7)

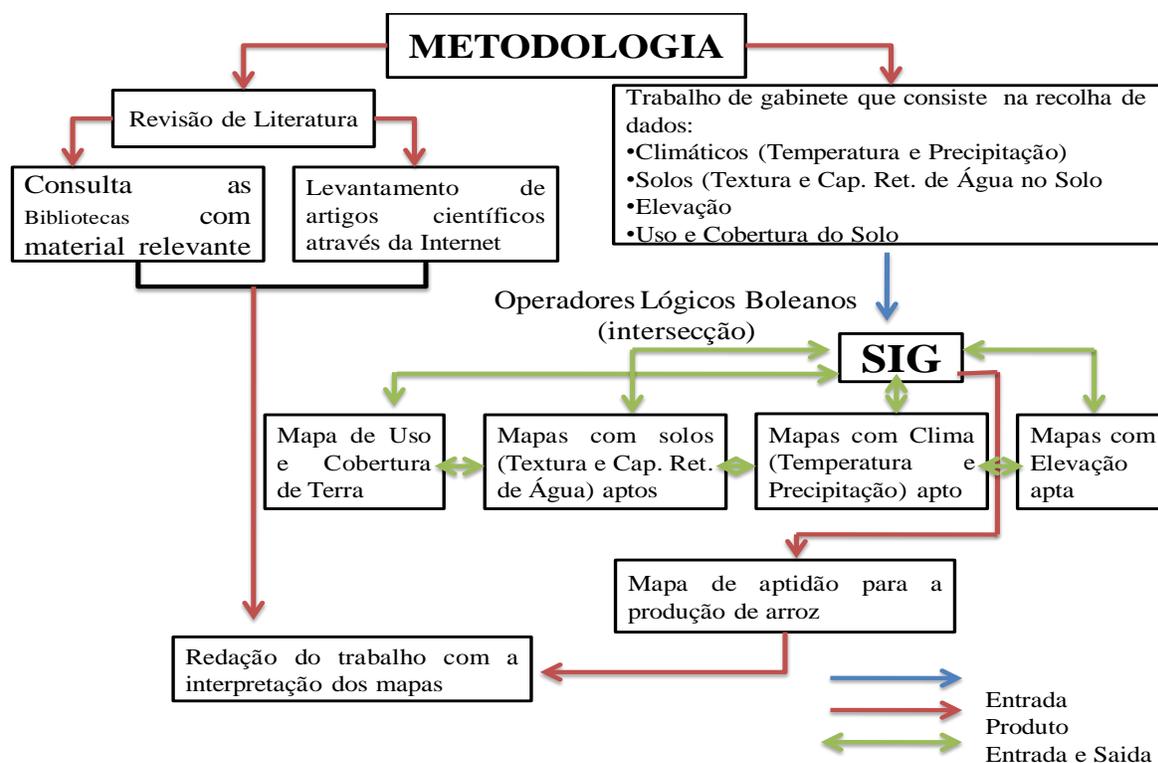


Figura 11: Esquema Metodológico Aplicado no Presente Trabalho

3.5.2.1. Revisão de Literatura

Foi feito o levantamento e análise de toda informação relevante ao tema, com recurso a manuais, trabalhos científicos realizados, revistas e relatórios obtidos nas bibliotecas da DNA, UEM e na Internet. A selecção do método para análise de dados foi feita com recurso a revisão bibliográfica.

3.5.2.2. Selecção da Técnica

A escolha de uma técnica é baseada em vários factores relacionados com o seguinte: tipo de análise que se pretende fazer, o nível de exigência em dados, os custos de aquisição e operação do modelo, entre outros factores.

No presente estudo foi usado o SIG pelas seguintes razões:

- Versatilidade na manipulação dos dados georreferenciados diversos;
- Capacidade de armazenamento de dados espaciais e relacionais em uma única base;
- Operações de consulta, onde o resultado pode ser visualizado através de mapas;
- Representação dos dados espaciais armazenados conforme o seu tipo (pontos, linhas ou polígonos);
- Possibilidade de operar sobre plataformas de baixo custo;
- Relativa simplicidade de operação;
- Capacidade para realizar de uma forma automática a síntese de dados geográficos de diversas naturezas;
- Capacidade para suportar representações gráficas da informação

3.5.2.3. Análise de Dados

Identificação de áreas aptas para cultivo do arroz

Para a identificação de áreas aptas para produção de arroz tendo em conta os diferentes factores, recorreu-se a operação espacial lógica do SIG designada por operação booleana, conforme sugerido por CÂMARA *et al.*, (2010).

Os operadores lógicos (booleanos) permitem realizar cruzamentos entre dois ou mais planos de informação. A operação lógica do tipo $A \text{ AND } B$ retorna todos os elementos contidos na intersecção entre A e B; $A \text{ NOT } B$ retorna elementos contidos exclusivamente em A; $A \text{ OR } B$ retorna todos elementos contidos tanto em A como em B; $A \text{ XOR } B$ retorna todos os elementos contidos em A e B não incluídos na intersecção de A e B (Figura 3.8).

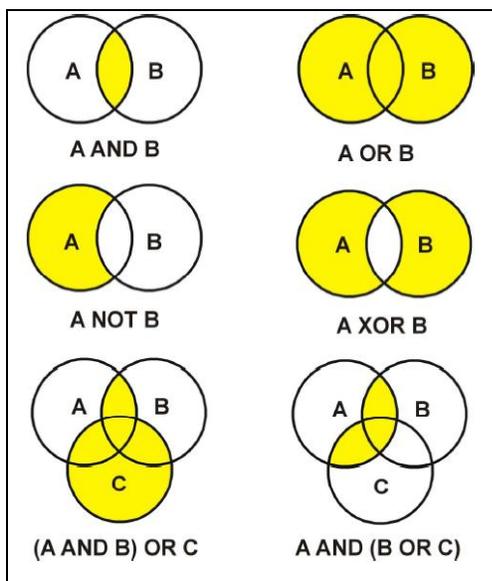


Figura 12: Essência de Operadores Lógicos Booleanos (Fonte: CÂMARA *et al.*, 2010)

A aptidão final a ser determinado foi baseada nos mapas de solo (textura e capacidade de retenção de água pelo solo), clima (temperatura e precipitação), elevação, e conjunto de regras expressas na Tabela 3.2.

Tabela 4: Regras para Avaliação da Aptidão Agrícola

Aptidão agrícola	Textura do Solos	Temperatura (°C)	Elevação (m)	Precipitação (mm)
Boa	Argilisa	20-35	<60	>1200
Média	Areno-argilosa		60-120	600-1200
Inapto	Arenosa	<20 >35	>120	<600

Fonte: MIKKLSEN & BETTE (1991), FIGERIA (2003), IIAM (2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do trabalho são apresentados a seguir através de mapas ilustrando o seu resumo. É ainda apresentada em texto a interpretação e discussão desses resultados de modo a permitir uma melhor explanação dos mesmos e dessa forma responder com clareza os objectivos definidos.

Esta parte compreende o seguinte: resultados das áreas com características que respondem as exigências para o cultivo de arroz de acordo com cada um dos factores (esses resultados foram obtidos baseando na Tabela 3.2 tendo como ponto de partida os valores médios de aptidão para os factores que apresentam) e o resultado do processo de intercessão dos factores.

4.1. Áreas Aptas para o Cultivo de Arroz de Acordo com Cada Um dos Factores

4.1.1. Clima

A Figura 4.1, produzida com base nos valores adequadas de clima para o desenvolvimento da cultura de arroz, mostra que maior parte das regiões do território nacional apresentam as condições climáticas que respondem as exigências da cultura. O mapa 4.1a representa a precipitação, notando-se que uma pequena parte do território não satisfaz as condições exigidas nomeadamente o interior da Província de Gaza, especificamente em Pafure onde a precipitação anual não ultrapassa 300mm. Em relação a temperatura representada no mapa 4.1b, as pequenas áreas que não respondem as condições localizam-se no interior da Província de Manica onde as temperaturas são muito baixas o que não permite o cultivo de arroz, visto que esta possui uma temperatura média de 19°C inferior ao parâmetro estabelecido para a prática desta cultura.

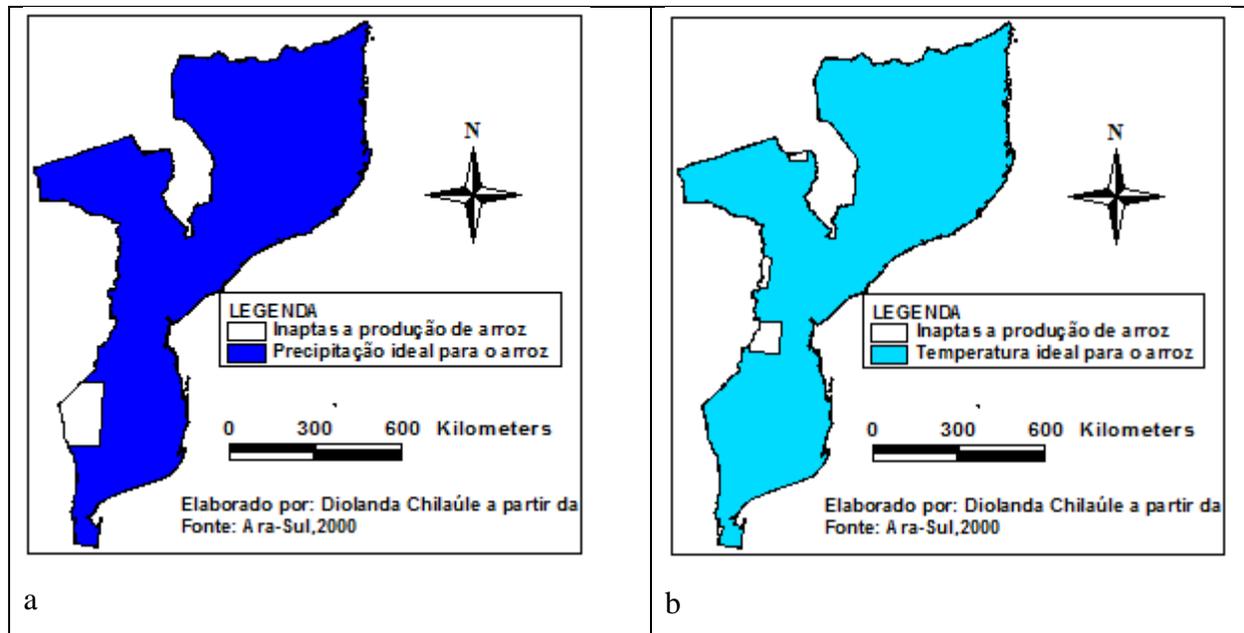


Figura 13: Condições de Clima Ideal para o Cultivo de Arroz

4.1.2. Elevação

O mapa 4.2 mostra áreas com potencial para o cultivo de arroz de acordo com a elevação, e nota-se que características desejadas encontram-se ao longo das zonas costeiras, sendo que a região Sul apresenta também áreas afastadas da costa, com destaque para a zona de planície de inundação das principais bacias hidrográficas de Limpopo, Umbeluze, Incomati, Save e Maputo

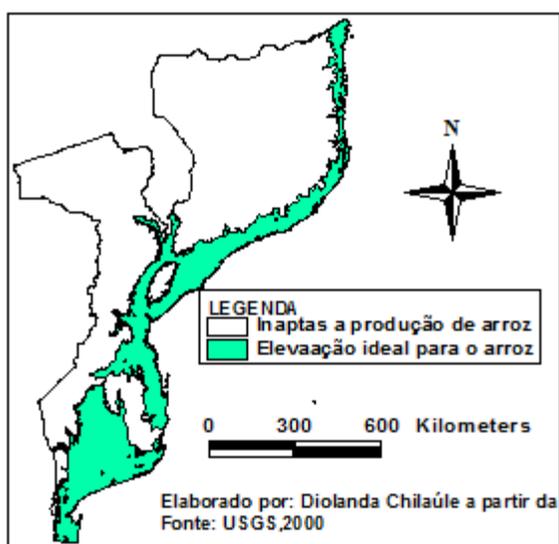


Figura 14: Elevação Ideal para o Cultivo de Arroz

4.1.3. Textura do Solo

O mapa 4.3 corresponde a identificação de áreas com textura de solos ideais para o cultivo de arroz. A área total com textura ideal para a cultura abrange mais da metade do território nacional.

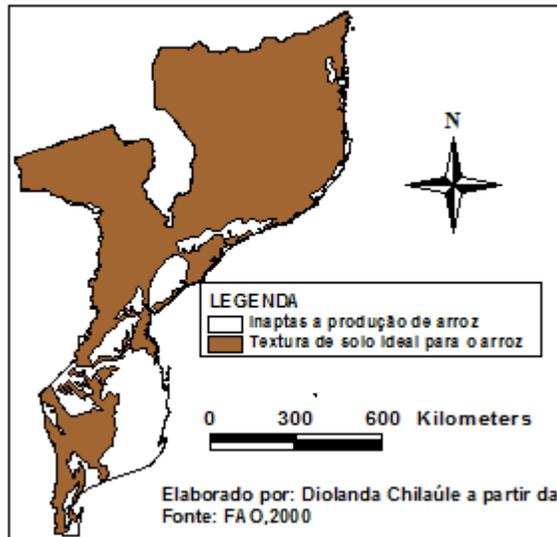


Figura 15: Textura de Solo Ideal para o Cultivo de Arroz

4.1.4. Capacidade de Retenção de Água no Solo

Quanto a capacidade de retenção de água no solo a área de estudo apresenta na sua maioria solos com boa capacidade conforme ilustra o mapa 4.4.

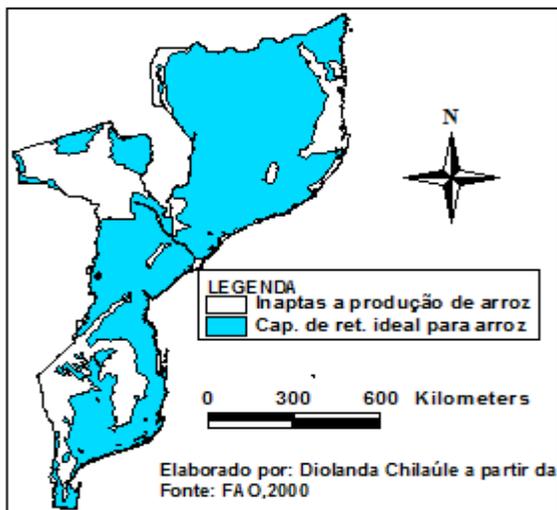


Figura 16: Capacidade de Retenção de Água no Solo Ideal para o Cultivo de Arroz

4.2. Áreas Potencias para o Cultivo de Arroz

Feita a análise, pode observar-se na Figura 4.5 o mapa do resultado final de aptidão para o cultivo de arroz na área de estudo, nota-se que a maior parte está próxima da zona costeira devido as condições de temperatura, precipitação, elevação, a textura dos solos, a capacidade de retenção de água no solo ao longo da costa onde a precipitação média anual varia entre 800 e 1000 mm podendo por vezes exceder os 1500 mm, com temperatura variável entre 20 a 25°C. Há ocorrência de solos aluvionares, argilosos vermelhos, franco-argilo-arenoso castanho acinzentados, bem a excessivamente bem drenados, apresentando alta capacidade de armazenamento de água associado as principais bacias hidrográficas.

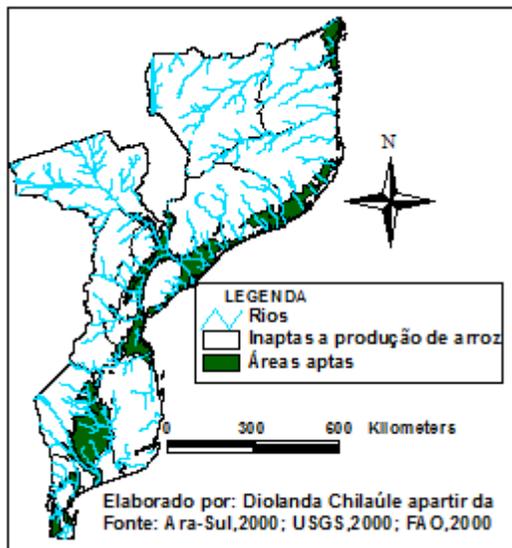


Figura 17: Áreas Aptas para Produção de Arroz

A área apresentada na Figura acima estima-se em 10.008.365,16ha, dos quais a Zona Centro contém 4.907.093,52ha, concretamente nas províncias de Zambézia e Sofala o que a torna a zona com maior área potencial, seguindo a Zona Sul com 3.303.169,12ha, nas províncias de Gaza e Maputo e por fim a Zona Norte que apresenta 1.798.102,52ha na faixa costeira de Nampula e Cabo Delgado. Essa distribuição é também influenciada pelas bacias hidrográficas de Lúrio e Messalo (Norte); Ligonha, Licungo, Zambeze, Pungue e Buzi (Centro); Limpopo, Incomati, Umbeluzi, Save e Maputo (Sul). (Figura 4.6).

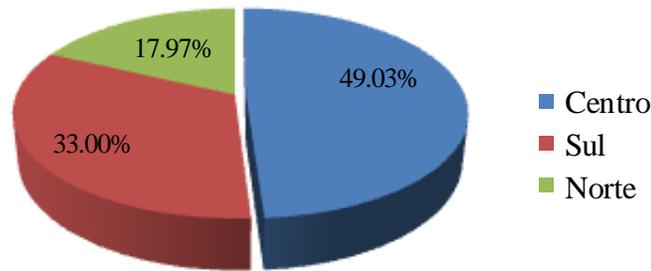


Figura 18: Divisão percentual da área por região

Olhando para o mapa de uso e cobertura de terra, consta que maior parte da área determinada como sendo apta para o cultivo de arroz ocorre ao longo de pastagens, savana e zonas próximas de massas de águas. O Mapa de uso e cobertura de terra permite verificar que algumas das terras indicadas para o cultivo da cultura de arroz encontram-se actualmente sobre outras formas de uso de terra, com destaque para produção de hortícolas em pequena escala e pastagens.

O MINAG, no plano de acção para a produção de alimentos de 2008 a 2011 apresenta um mapa de áreas prioritárias para a produção de arroz. São apresentadas como áreas potenciais as que encontram-se ao longo da zona costeira.



Figura 19: Áreas Prioritárias para Produção de Arroz Segundo MINAG

Comparando os resultados verifica-se que, em termos de disposição espacial algumas áreas do resultado do estudo de 2009 da área, entram em concordância com os resultados obtidos no presente trabalho. Existem áreas potenciais que o estudo corrente apresenta não sendo referenciadas no mapa do MINAG, são especificamente áreas que se encontram a este de Cabo Delgado, a este de Zambezia, a sul de Sofala e o centro de Gaza. A mesma situação ocorre no estudo de 2009, onde são apresentadas áreas potenciais que não são encontradas no estudo corrente, concretamente no sudeste de Niassa e Cabo Delgado, ao longo da bacia de Zambezi. A contradição pode ser explicada por diversos factores que diferem nos dois trabalhos, a metodologia, os tipos de dados usados e a forma como foram colectados os dados.

Adicionalmente, segundo o estudo feito por Sambo (2011), as áreas potenciais para o cultivo de arroz no centro e norte do País, podem ser encontradas nas províncias de Niassa, Cabo Delgado, Nampula, Zambézia e Sofala, sendo que o mesmo não abrange a região Sul do País. Quanto a distribuição da área em cada zona o estudo não disponibiliza informação, mas diz o autor que a zona centro em particular a província de Zambézia apresenta uma ampla área potencial. Estes resultados entram em concordância com o estudo corrente, mas em contrapartida no que refere a aptidão na província de Niassa nota-se uma contradição. A contradição pode ser explicada por diversos factores que diferem nos dois trabalhos dentre eles a metodologia e os tipos de dados usados.

Analisando os resultados deste estudo com os resultados obtidos por Francisco *et al.*, (2006) que referenciam em particular as áreas aptas para cultivo de arroz na região sul do País em função de cada vale dos rios da região (Limpopo, Incomate, Umbeluze e Maputo), nota-se que há diferenças na disposição da área, isso porque para a análise da aptidão o estudo de 2006 baseou-se somente nos vales dos rios acima citados, sendo que existem áreas com potencial que se encontram em outros pontos da mesma região (vales do Save e Changalane).

5. CONCLUSÃO, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES

5.1. Conclusão

De acordo com os objectivos definidos no corrente trabalho e com base nos resultados alcançados pode-se tecer o seguinte:

- Os factores que influem na produção de arroz incluem o clima (precipitação e temperatura principalmente), a textura dos solos e elevação ou relevo, a influência de cada um destes difere ao longo do país, o que foi comprovado pelos mapas individuais de aptidão obtidos.
- A utilização dos SIGs mostrou-se muito eficiente, rápido e de fácil aplicação para efectuar o mapeamento de áreas potenciais. Esta técnica permitiu a exposição visual das áreas com as suas devidas características, sendo extremamente útil para o planeamento de uso de terra, pois foi através desse mapeamento que foram destacadas as áreas com características ideais para a produção da cultura de arroz.
- A intercessão dos mapas individuais deu origem a áreas que apresentam características ideais para o cultivo de arroz de acordo com a exigência de cada um dos factores. São na sua maioria as que se encontram próximo da zona costeira. Um total de 10.008.365,16ha foi estimado como a área potencialmente apta para o arroz, sendo que a região Centro com as províncias de Zambézia e Sofala potenciais apresenta maior área.

5.2. Recomendações

- Dada a escassez de estudos similares no país, recomenda-se aos académicos do mesmo ramo de estudo e de outras áreas que sejam feitos mais e não só para a cultura de arroz mais também para diversas culturas de modo a se estabelecer uma fonte suficiente de informação actualizada que pode orientar investimentos no desenvolvimento agrícola a médio e longo prazo.
- Recomenda-se ainda aos académicos que em estudos similares seja inclusa a componente de verificação dos resultados no campo de modo a garantir uma maior qualidade dos resultados obtidos.

- Recomenda-se as Instituições do Estado, a figuras individuais para mais investimentos na criação de campos agrícolas virados a produção do arroz principalmente na região sul do País, pela disponibilidade de vastas áreas potenciais sem utilização.

5.3 Limitações

O maior constrangimento encontrado durante a realização do presente estudo foi a indisponibilidade de dados de campo (clima, solos, elevação e uso e cobertura do solo), tendo-se limitado e reduzido a qualidade dos resultados encontrados. Não foi possível verificar os dados do campo devido aos custos elevados para a deslocação e também a disponibilidade de tempo visto que o estudo abrange todo território nacional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSAD, E.D;& SANO, E.E. (1998).Sistemas de informações geográficas (Aplicações na Agricultura).2^aed.Brasília:SPI/EMBRAPA-CPAC.
2. BORROUGH, P. (1998).Principles of geography information systems for land resources assessment.Oxford:Clarendon Press.
3. BUNESSENE, V.M. (2002).Manual para Interpretação das Previsões Sazonais. Beira.
4. CÂMARA, G.(2010).Operações de Análise Geográfica, Brasil,visitado emhttp://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/3opera.pdf. em Janeiro de 2015.
5. CÂMARA, G.; DAVIS, C. & MONTEIRO, A. M.V. (2005).Introdução à Ciência da Geoinformação. visitado em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. em Novembro de 2014.
6. CAMBULA, B. I. (2005).Relação Entre a Variabilidade da Precipitação, Temperatura e Altitudes e Casos de Cólera em Moçambique.Maputo.
7. CARVALHO, M.; PINA, M. F.& SANTOS, S., M.(2000).Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados á Saúde.Ed:Organizações Panamericanas de Saúde-Representação no Brasil, Ministério da Saúde.
8. CNDS, (2007). Relatório Sobre a Avaliação do Grau de Implementação da Agenda 21 em Moçambique.Maputo.
9. CUNGUARA, B. (2011).Análise situacional, constrangimentos e oportunidades para o crescimento agrário. IFPRI, Maputo.
10. ESRI, (2004). What is Arc GIS? Visitado em: www.esri.com. em Novembro de 2014.
11. FIGERIA, N.K; COUNCE, P. A. & KEISLING, T. C. (2003). Maneio da fertilidade do solo para o arroz irrigado. Santo António de Goáis: Embrapa Arroz e Feijão. 1^aed. 250p.
12. FRANCISCO, J.; COSSA, L. A. & TEMBE, J. (2006). Áreas potenciais para diferentes culturas no Sul de Moçambique. Maputo.
13. FRANK, (1988). Requirements for a Database Management System for a GIS.in Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.

14. GARCIA G. J. (1982).Sensoriamento Remoto. São Paulo. Ed: Nobel 357p.
15. GLASZMANN, J. C.(1987).Isozymes and classification of Asianrice varieties. Theoretical and Applied Genetics.New York, vol. 74.
16. HOGUANE, A. M. (2000). Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique. Revista de Gestão Costeira Integrada. Maputo.
17. INAM, (2003).Variações climáticas em Moçambique.Maputo.
18. INE, (2003). Anuário Estatístico. Ministério de Planos e Finanças. Maputo.
19. IRRI, (1995).Improving the Productivity of Rainfed Lowland Rice: An Emerging Source of Food, Livelihood, and Export Income for Mozambique in the 21st Century. Draft, Manila, Philippines. 45 p.
20. KATO, S.; KOSAKA, H.; HARA, S. (1928).On the affinity of rice varieties as shown by fertility of hybrid plant.Bulletin Scientific Faculty Agricultural. Japan, vol. 3.
21. KRUSH, G. S.(1997), Origin, dispersal, cultivation of rice,Plant Molecular Biology, Belgium, vol.35.
22. LAURINI, Robert,&THOMPSON, Derek, (1992).Fundamentals of Spatial Information Systems.San Diego: Academic Press.
23. LILLESAND, T. M. &KIEFFER, R. W. (1987).Remote Sensing and Image Interpretation. 2^aed. New York, John Wiley and Sons.
24. LU, B. R. (1999), Taxonomy of the genus *Oryza* (Poaceae): historical perspective and current status. International Rice Resources Notes, Philippine, vol. 24
25. MAGUIRE, David J. (1992). The raster GIS design model - a profile of ERDAS. Computers and Geosciences, London, vol.18.
26. MARQUES FILHO, O. & VIEIRA Neto, H. (1999). Processamento Digital de Imagens, Brasport.
27. MICOA, (2003).Initial National Communication of Mozambique under the United National Framework Convention of Climate Change.Maputo.

28. MICOA, (2007). Estratégia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável de Moçambique. IX.^a Sessão Ordinária de Conselho de Ministros, Maputo.
29. MIKKELSEN, D. S, & BETTA, S. K. (1991). Production of rice. Ed: Luch, B.S. vol,1. 2^aed.
30. MINAG, 2008-2011 (2008), Plano de Acção para Produção de Alimentos, Maputo, Moçambique.
31. MINAG, (2005). Estratégia de Desenvolvimento do Sector Agrário. Maputo, Moçambique.
32. MINAYO, J (2000). Metodologia de Pesquisa Sócio Ambiental. São Paulo.
33. MIURA, A. K.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANJOS, S. D. & LUIS, A. J. B. (2011). Avaliação de áreas potenciais ao cultivo de biomassa para produção de energia e uma contribuição de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas.
34. MORISHIMA, H, (1986). Wild genitors of cultivated rice and their population dynamics. Manila: IRRI.
35. MORINAGA, (1954). Classification of rice varieties on the basis of affinity. Reports for 5th meeting of International Rice Commission's working party on rice breeding. Tokyo: Ministry of Agricultural and forestry of Japan.
36. NCGIA, (1990). Core Curriculum. Edited by Michael F. Goodchild and Karen K Kemp (Eds.), Santa Barbara: University of California.
37. NEVES, I. P. (2007). Cultivo de arroz. Rede de Tecnologia da Bahia-RETEC/BA.
38. NOVO, E.M.L.M., (1992). Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgar Blücher, 308p.
39. NUNES, J. L. S. (2008). Irrigação e Drenagem. Visitado em <http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/irrigacao.aspx> em Outubro de 2014.
40. O'BRIEN, J. A. (2000). Introduction to information systems. 9^a ed. New York: Irwin McGraw-Hill.
41. SAMBO, F. (2011). Produção de culturas na zona Centro e Norte de Moçambique.
42. SAN-PAYO, M. (1994). Algumas Notas Sobre Sistemas de Informação Geográfica.

43. PAREDES, E. A., (1994). Sistema de Informação Geográfica - Princípios e Aplicações: Geoprocessamento, São Paulo: Ed. Érica.
44. RIPSÁ, (2000). Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à Saúde. Org: Carvalho, M.S; Pina, M.F; Santos, S.M. Brasília: Organização Panamericana da Saúde, Ministério da Saúde.
45. UNBC GIS LAB, (2005). Introduction to Geographic Information System. Lecture 3b. Canada: University of Northern British Columbia, visitado em: <http://www.gis.unbc.ca/courses/geog300/lectures/lect6/index.php> em Novembro de 2014.
46. YOSHIDA, S. & PARAO, F.T. (1976). Climatic influence on yield and yield components of low-land rice in the tropics. Ed: IRRI Climate and rice. Los Banos.