

ARISTIDES OSVALDO NGOLO

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA CULTURA DO CAFÉ EM
ANGOLA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

N576z
2014 Ngolo, Aristides Osvaldo, 1986-
Zoneamento agroclimático para cultura do café em Angola /
Aristides Osvaldo Ngolo. - Viçosa, MG, 2014.
ix, 76f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Climatologia agrícola. 2. Café. 3. Sistemas de Informação Geográfica. 4. Angola. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Agroecologia. II. Título.

CDD 22. ed. 630.251509673

ARISTIDES OSVALDO NGOLO

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA CULTURA DO CAFÉ EM
ANGOLA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 11 de setembro de 2014.



Marcos Antonio Vanderlei Silva



Márcio Rocha Francelino



Williams Pinto Marques Ferreira
(Coorientador)



João Luiz Lani



Elpidio Inácio Fernandes Filho
(Orientador)

Índice

	Lista de figuras	v
	Lista de tabelas	vii
	Resumo	viii
	Abstract	ix
1.	Introdução	1
2.	Revisão de literatura	4
2.1	Caracterização geral das condições físicas do território de Angola	4
2.1.1	Relevo de Angola	5
2.1.2	Clima de Angola	5
2.1.3	Solos de Angola	7
2.2	Contexto histórico da cafeicultura em Angola	9
2.3	A cultura do cafeeiro	12
2.3.1	Fenologia do cafeeiro	15
2.4	Balanço hídrico climatológico	16
2.5	Precipitação pluviométrica efetiva	18
2.6	Zoneamento agrícola	20
2.7	Aptidões pedológica e agroclimática para o café arábica e robusta	21
2.7.1	Aptidão pedológica para café arábica e robusta	21
2.7.1.1	Características físicas do solo	22
2.7.1.2	Características químicas do solo	23
2.7.2	Aptidões agroclimática para o café arábica e robusta	24
3.	Material e Métodos	27
3.1	Dados climáticos	28
3.1.1	Obtenção dos dados de temperatura e precipitação no site do WorldClim	31
3.1.2	Obtenção do Modelo Digital de Elevação	31
3.2	Estimativa da precipitação efetiva	32
3.3	Estimativa da deficiência hídrica	32
3.4	Aptidão Agroclimática	34
3.5	Elaboração do Zoneamento Agroclimático	38
4.	Resultados e Discussão	40
4.1	Zoneamento para o café em Angola com base na precipitação efetiva	48
4.2	Zoneamento para o café em Angola com base na precipitação total	53
5.	Conclusões	60

6.	Referências	61
	Apêndice	70

Lista de figuras

Figura 1	Posicionamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical no continente africano	4
Figura 2	Principais tipos de clima para África segundo a classificação de Köppen destaque para Angola	6
Figura 3	Unidades de mapeamento das principais classes de solos de Angola segundo a WRB	8
Figura 4	Área de exploração de café robusta em Angola (1973)	10
Figura 5	Área de exploração de café arábica em Angola (1973)	11
Figura 6	Ciclo fenológico do cafeeiro	16
Figura 7	Mapa de localização de Angola em África	28
Figura 8	Localização das estações meteorológicas do INAMET em Angola	29
Figura 9	Malha de pontos de temperatura do ar e precipitação para os municípios de Angola e regiões limítrofes	30
Figura 10	Fluxograma representativo das etapas consideradas para obtenção do mapa de zoneamento para café arábica em Angola	38
Figura 11	Fluxograma representativo das etapas consideradas para obtenção do mapa de zoneamento para café robusta em Angola	39
Figura 12	Mapa hipsométrico de Angola	41
Figura 13	Valores médios representativos da variação da temperatura média mensal do ar e da precipitação pluviométrica ao longo de 50 anos	42
Figura 14	Temperatura média do ar anual para Angola	44
Figura 15	Mapa de aptidão térmica para café arábica em Angola	45
Figura 16	Aptidão térmica para café arábica em Angola	46
Figura 17	Mapa de aptidão térmica para café robusta em Angola	47
Figura 18	Aptidão térmica para café robusta em Angola	48
Figura 19	Distribuição da deficiência hídrica anual em (mm) para o café arábica e robusta em Angola utilizando-se dados de precipitação efetiva	49
Figura 20	Zoneamento agroclimático para café arábica em Angola com base na precipitação efetiva	51
Figura 21	Zoneamento agroclimático para café robusta em Angola baseado nos mapas de aptidão da temperatura e da deficiência hídrica anual utilizando dados de precipitação efetiva	52
Figura 22	Mapa da deficiência hídrica anual em (mm) para o café arábica e o	54

	robusta em Angola, utilizando-se valores de precipitação total	
Figura 23	Mapa de zoneamento para café Arábica em Angola utilizando valores de precipitação total	55
Figura 24	Mapa de zoneamento para café Robusta em Angola utilizando valores de precipitação total	57

Lista de tabelas

Tabela 1	Principais tipos de solos de Angola e suas respectivas áreas	9
Tabela 2	Profundidade efetiva da raiz para culturas tropicais e Árvores	33
Tabela 3	Capacidade de campo e ponto de murcha permanente para solos com diferentes texturas	33
Tabela 4	Valores de capacidade de armazenamento de água, diferença entre capacidade de campo e ponto de murcha permanente e profundidade efetiva da raiz do cafeeiro	34
Tabela 5	Classificação da aptidão da temperatura média anual e deficiência hídrica para o cafeeiro de acordo com vários autores	35
Tabela 6	Faixas de aptidão de temperatura média anual para café arábica e café robusta	35
Tabela 7	Faixas de aptidão da deficiência hídrica anual para café arábica e café robusta	36
Tabela 8	Classes de aptidão para o zoneamento agroclimático de café arábica e robusta em Angola	36
Tabela 9	Extensão da aptidão por área para as duas espécies em estudo utilizando valores de precipitação efetiva	50
Tabela 10	Tamanho das áreas distribuídas por classes resultantes do zoneamento realizado para o café arábica e robusta com base precipitação total	56

Resumo

NGOLO, Aristides Osvaldo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Setembro de 2014. **Zoneamento agroclimático para cultura do café em Angola.** Orientador: Elpidio Inácio Fernandez Filho. Coorientadores: Williams Pinto Marques Ferreira e Raphael Bragança Alves Fernandes.

Angola na década de 70 ocupava lugar de destaque na produção de café em nível mundial. Na atualidade, o governo angolano busca recuperar sua antiga produção com o incentivo ao aumento da produção a partir da disponibilização de programas de financiamento agrícola aos produtores familiares que representam a maioria dos cafeicultores. Neste sentido, o conhecimento das áreas com aptidão agroclimáticas poderá contribuir para o maior sucesso do investimento em novos plantios nas áreas reconhecidamente indicadas para cultivo do café, bem como orientar na escolha das variedades mais adaptadas às regiões recomendadas ao cultivo mas que apresentam restrições quer hídricas ou térmicas. Desse modo, objetivou-se com o presente trabalho realizar um zoneamento agroclimático para cultura do café, visando constituir uma ferramenta fundamental no estabelecimento de diretrizes e prioridades para a revitalização da cafeicultura no país considerando suas particularidades climáticas em razão das necessidades da cultura. Foram então utilizados dados de temperatura média anual, precipitação total e efetiva. Foi realizado o balanço hídrico e calculada a deficiência hídrica anual para todos os 163 municípios de Angola e de regiões limítrofes. Utilizou-se o *software* ARCGIS versão 10.1 para espacialização dos resultados. Os resultados revelam que, considerando-se a precipitação efetiva, aproximadamente 1 % da área total de Angola (1.246.700 km²) pode ser considerada apta, 20 % considerada marginal e as demais áreas consideradas inaptas ao cultivo do café arábica. Para o café robusta, 8 % da área total de Angola são consideradas marginais, 1 % considerada apta e as demais áreas consideradas inaptas para o cultivo do café robusta. Considerando-se a precipitação total para a realização do zoneamento, aproximadamente 2 % do território de Angola são considerados aptos para o cultivo da espécie arábica, 27,5 % são consideradas como áreas marginais e 71,4 % são áreas consideradas inaptas para o cultivo. Com relação ao robusta, aproximadamente 1 % da área total de Angola pode ser considerada apta, 11,8 % consideradas marginais e as demais áreas consideradas inaptas para o cultivo.

Abstract

NGOLO, Aristides Osvaldo, M.Sc., Universidade federal de Viçosa, September, 2014. **Agroclimatic zoning for the coffee crop in Angola.** Advisor: Elpidio Inácio Fernandez Filho. Co-Advisors: Williams Pinto Marques Ferreira and Raphael Bragança Alves Fernandes.

Angola in the 70s occupied a prominent place in coffee production worldwide. Currently, the Angolan government seeks to recover its former production with the incentive to increase production from the provision of agricultural finance programs to the family farmers who represent the majority of farmers. In this sense, knowledge of the areas with agro-climatic suitability may contribute to the further success of investment in new plantations in areas known to be suitable for cultivation of coffee, as well as guide in choosing the most appropriate varieties recommended for cultivation regions but have restrictions or hydric or thermal. Thus, the aim of the present work hold a agroclimatic zoning for coffee crop so that there is a fundamental tool in establishing guidelines and priorities for coffee revitalization in the country considering its climatic particularities due to the crop's needs. Then we use the average annual temperature data, full and effective precipitation. We carried out the water balance and calculated the annual water deficit for all 163 municipalities of Angola and neighboring regions. The ArcGIS software version 10.1 was used for spatial distribution of results. The results show that, considering the effective precipitation, about 1% of the total area of Angola (1,246,700 km²) can be considered suitable, 20% considered marginal and other areas considered unsuitable for cultivation of Arabica coffee. For robusta coffee, 8% of the total area of Angola are considered marginal 1% considered suitable and other areas considered unsuitable for cultivation of robusta coffee. Considering the total precipitation for the creation of zoning, about 2% of the territory of Angola are considered suitable for the cultivation of Arabica, 27.5% are considered marginal areas and 71.4% are areas considered unsuitable for cultivation. Regarding the robusta, approximately 1% of the total area of Angola may be considered suitable, 11.8% considered marginal and other areas considered unfit for cultivation.

1. Introdução

O café é um produto de grande importância na economia mundial e a segunda commodity mais valiosa no mundo utilizada na realização de negócios entre os países, sendo, segundo dados da International Coffee Organization, ICO (2014), algumas vezes superada apenas pelo petróleo como fonte de divisas nos países em desenvolvimento. Ainda de acordo com a mesma organização, em muitos países menos desenvolvidos, as exportações de café respondem por uma proporção significativa das receitas em divisas, sendo em alguns casos até por mais de 80%. Os processos envolvidos desde o cultivo até a comercialização do produto demandam grande uso de mão de obra e proporcionam milhões de empregos em todo o mundo (ICO, 2014).

Originário do continente africano, a produção de café na África poderá ser ampliada nos próximos anos devido à expansão cada vez maior de cultivares mais resistentes às doenças do cafeeiro.

Angola, é um país da costa ocidental da África com 1.246.700 km² de área, já teve produção expressiva de café até pouco antes da sua independência de Portugal em 1975. Segundo a Câmara de Comércio e Indústria de Angola, o país já teve destaque internacional como o quarto maior produtor mundial de café, com produções na ordem de 244.000 toneladas por ano (ANTÓNIO, 2008). Até o ano de 1973 o café se constituía como o principal produto de exportação de Angola, sendo a partir desse ano substituído pelo petróleo. A cultura do café naquele período concentrava-se nas províncias do noroeste e nas bordas ocidentais do planalto. Com o início da guerra, em 1975/76, a produção foi diminuindo, levando ao desaparecimento da estrutura comercial (ANTÓNIO, 2008).

A produção de café em Angola segundo António (2008), devido as condições climáticas do país, sempre foi dominada pela espécie *Coffea canephora* Pierre variedade robusta que representa cerca de 96% dos cafés produzidos, cabendo ao *Coffea arabica* L. (café arábica) os demais 4% da produção. De acordo com Neto et al. (2009), as plantações de café em Angola nos últimos anos são caracterizadas pela idade avançada das plantas e por alguns cultivares menos resistentes às pragas e doenças, o que contribui para as baixas produtividades alcançadas no território angolano.

A situação da cafeicultura angolana nos últimos anos é reflexo da condição política que o país viveu neste período. Para António (2008) a guerra civil enfrentada pelo país trouxe insegurança no meio rural, e isto, obrigou muitos agentes ligados à cadeia produtiva da cafeicultura como camponeses, fazendeiros, técnicos e especialistas a abandonarem suas propriedades e atividades. No período de guerra, a grande maioria

das fazendas, tiveram suas estruturas destruídas. As áreas de processamento, as oficinas, as residências, os armazéns, os moinhos, as máquinas e suplementos agrícolas, as trilhas, as pontes foram destruídas parcial ou totalmente (ANTÓNIO, 2008). Nessa época Angola registrou decréscimo bastante acentuado na produção não só cafeeira como de outras culturas.

Não obstante as dificuldades enfrentadas, o governo angolano já por alguns anos tem financiado projetos objetivando estimular a recuperação da cafeicultura no país. O Instituto Nacional do Café de Angola (INCA, 2013) órgão vinculado ao ministério da agricultura de Angola, no seu plano estratégico para recuperação e desenvolvimento do setor do café para o quadriénio 2013 – 2017 contempla programas que objetivam o relançamento da produção cafeeira em Angola por meio do aumento da área de cultivo, da melhoria da produtividade e qualidade, bem como da participação de mais produtores (pequenos, médios e grandes) na atividade cafeeira. Sendo que a meta principal deste programa consiste na produção e instalação de 100 milhões de novas plantas até ao ano de 2017, cobrindo uma área de cerca de 60 mil hectares. Ainda de acordo com o mesmo órgão, é esperado que cerca de 24 mil famílias nas regiões de produção de café robusta (Cabinda, Bengo, K.Norte, K.Sul, Uige e Malange) e 16 mil famílias das regiões de produção de café arábica (Benguela, Huila, Huambo e Bié) constituam o grupo alvo e participem de forma ativa no revitalização das lavouras.

De acordo com a Revista Cafeicultura (2014), estão ocorrendo no país, programas dirigidos pelo Ministério da Agricultura que visam apoiar os produtores de café com sementes, plantas, máquinas e outras condições que lhes permitam ter acesso fácil ao crédito agrícola. Ainda segundo a mesma fonte, o ministro da agricultura salientou que tem se desenvolvido esforços e cooperação com o mercado internacional para que sejam encontradas soluções que permitam o país recuperar o preço do produto de forma a satisfazer os cafeicultores e comerciantes, pois atualmente o café é comercializado a preço muito abaixo do desejado.

Conforme dados o INCA (2013), a produção de café em Angola no ano 2013 foi em torno de 6.000 toneladas que, na ótica do diretor dessa instituição, está longe daquilo que é preconizado em termos de produção potencial do café. Ações técnico-científicas também têm sido executadas entre várias instituições com a finalidade de desenvolver cultivares de cafeeiro mais resistentes às principais pragas e doenças que ocorrem em Angola. Dentre estas figuram a do arábica com resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e antracnose dos frutos verdes (*Colletotrichum kahawae*), que por sinal são os fatores limitantes da cultura do arábica em Angola (NETO et al., 2009).

Com vista a auxiliar nos programas do governo voltados à revitalização da cafeicultura em Angola, se faz necessário um estudo mais detalhado ao nível nacional das condições climatológicas e pedológicas, com objetivo de identificar áreas com características homogêneas favoráveis a exploração da cafeicultura, o que pode ser alcançado com auxílio de ferramentas tais como o zoneamento agroclimático.

O Zoneamento Agroclimático do café é uma ferramenta utilizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que é órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual permite identificar, sob o ponto de vista climático, quais regiões em determinado local são aptas para exploração agrícola de determinado produto. Para sua realização são utilizadas geotecnologias (ou geoprocessamento) que segundo Bacani e Luchiari (2014) constituem-se como um conjunto de procedimentos, técnicas e produtos destinados à coleta e o tratamento de informações espaciais.

Além de ajudar o produtor, o zoneamento agroclimático possibilita aos agentes financeiros aumentar as garantias de aplicação do crédito para custeio agrícola. Vale ressaltar que além do zoneamento agroclimático, existe o zoneamento de risco climático o qual é executado anualmente com base nas condições climáticas do ano anterior e visa minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos passíveis de ocorrer nas safras posteriores.

Desse modo, a realização do zoneamento agroclimático para cultura do café em Angola, se torna uma ação de fundamental importância para identificação de novos locais com potencialidades para cultivo do café, contribuindo, assim, para viabilizar à revitalização da cafeicultura no território angolano.

Objetivo Geral:

Realizar o zoneamento agroclimático do território de Angola para a cultura do café com vista a auxiliar o poder público no planejamento da revitalização desta cultura.

Objetivos específicos:

- Estimar a precipitação efetiva e a deficiência hídrica para todos os municípios de Angola.
- Definir os indicadores e as diferentes classes de aptidão climática com base nas exigências da cultura.

- Delimitar as áreas com diferentes características de aptidão com base nas técnicas de zoneamento agroclimático.

2. Revisão de literatura

2.1. Caracterização geral das condições físicas do território de Angola

A localização de Angola ao Sul do Equador na região austral da África entre os paralelos 4° 22' e 18° 02' faz com que o país seja influenciado por fenômenos climáticos comuns à região tais como os ventos alísios, o efeito brisa na zona costeira, a da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, entre outros. Fatores climáticos tais como o relevo, com grandes altitudes na região de planalto mais ao centro do país, as correntes frias de Benguela mais ao Sul e a proximidade do deserto da Namíbia, mais a Sudoeste são outros componentes que influenciam no clima de Angola. De acordo com Schukin (2012) a ocorrência de chuvas na África é dependente, principalmente, da movimentação da ZCIT (Figura 1), sendo que essa move-se para o Hemisfério Norte durante os meses de junho, julho e agosto, trazendo chuvas para Angola a partir do mês de setembro quando essa se encontra justamente sobre o território angolano.

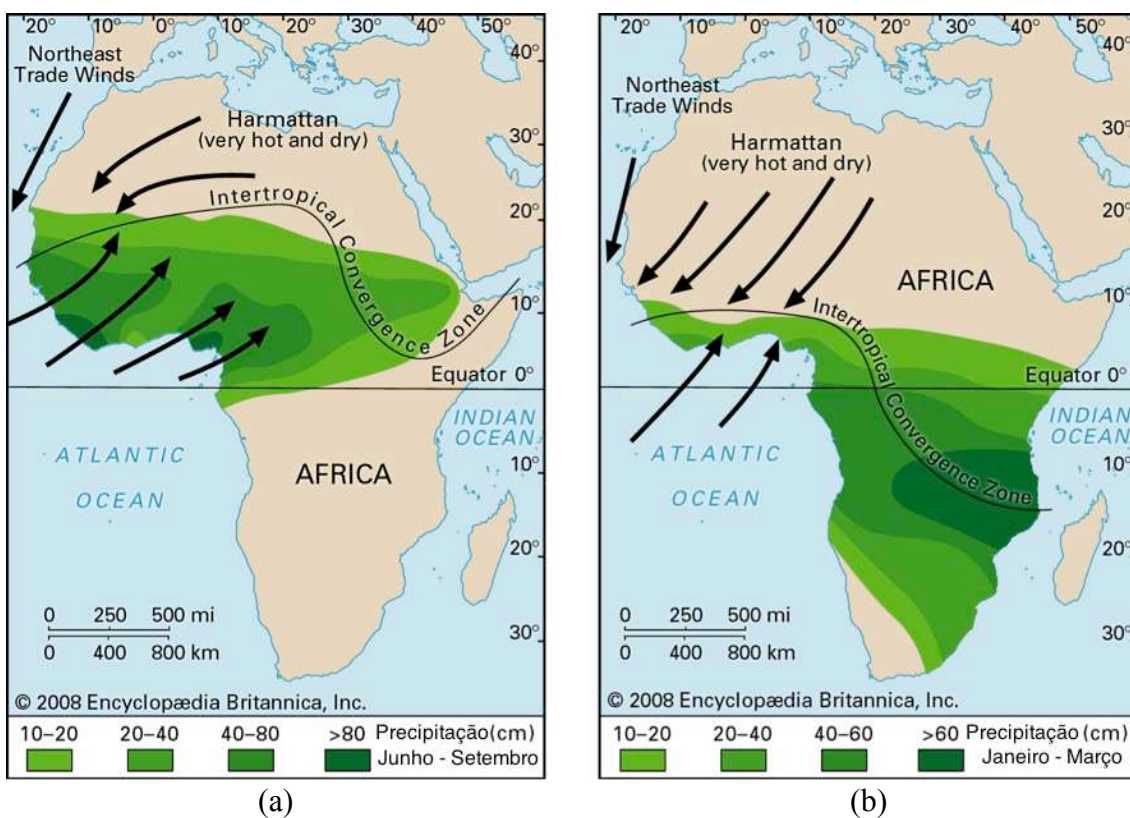


Figura 1. Posicionamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical no continente africano. (a) Inverno no hemisfério sul (b) Verão no hemisfério sul. Fonte: Encyclopaedia Britannica, Inc. 2008, apud SCHUKIN (2012).

2. 1. 1. Relevo de Angola

No território de Angola predomina, de acordo com o Ministério do Urbanismo e Ambiente (MINUA, 2006) relevo constituído por um maciço de terras altas, limitado por uma estreita faixa de terras baixas cuja altitude varia entre o nível do mar e 200 metros ao longo de toda a faixa costeira ocidental. Logo acima dos 200 metros de altitude em direção ao centro do continente, surge um relevo constituído por “escadarias” associados à planaltos e montanhas, aumentando gradualmente de altitude até atingir o planalto central, cujas altitudes médias variam entre 1.200 e 1.600 metros. De acordo com Gonzaga (1969) o ponto mais alto do território de Angola, localiza-se na província do Huambo com altitude em torno de 2.620 metros, e a caracterização da topografia de Angola, constituída por escadaria, faz com que a maior parte dos cursos de água sejam navegáveis por curtos percursos ao longo do perfil longitudinal dos rios.

2. 1. 2. Clima de Angola

Em Angola predominam duas estações climáticas bem diferenciadas, a estação chuvosa e a seca, sendo esta última, popularmente, conhecida em Angola como estação do cacimbo. A estação chuvosa, que é mais úmida e quente vai de setembro à abril, enquanto a estação seca vai de maio à agosto conforme dados do Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MINADER, 2004).

Os principais tipos climáticos segundo a classificação de Köppen são: Aw, Cwa, Cwb, BSh e BWh (Figura 2).

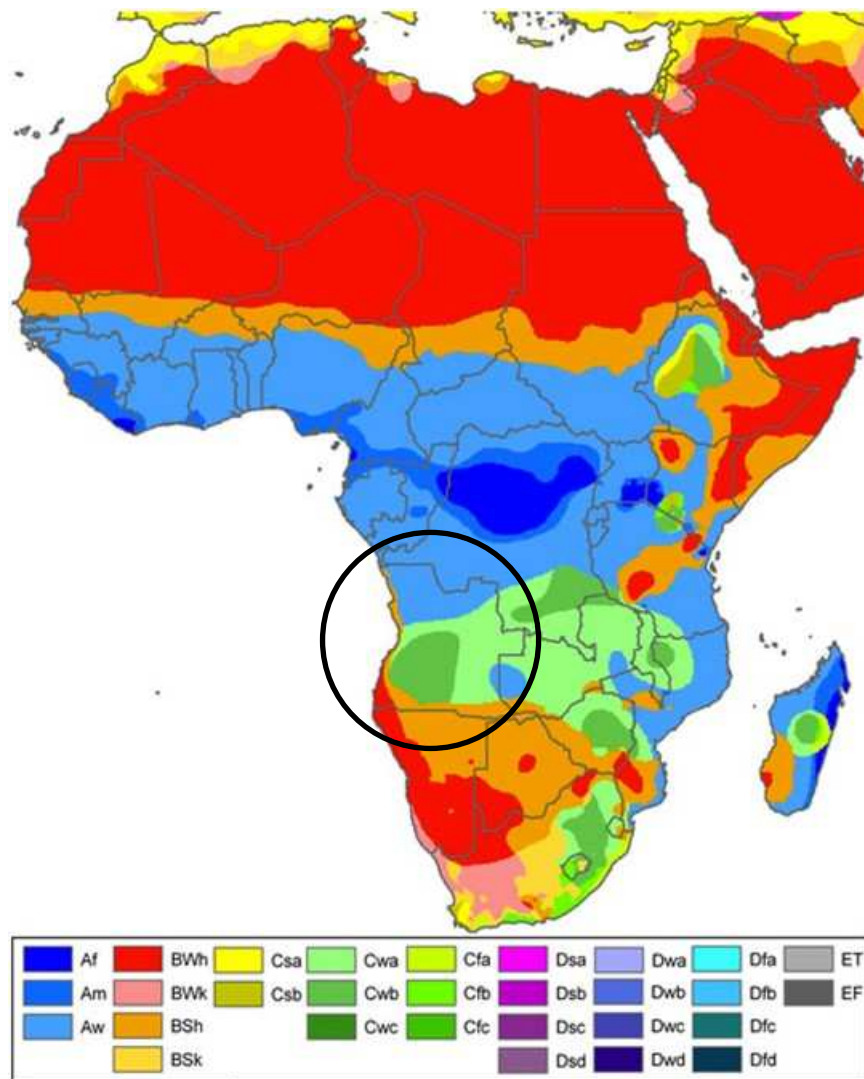


Figura 2. Principais tipos de clima para África segundo a classificação de Köppen destaque para Angola. Fonte: PEEL et al. (2007).

Segundo Palanque (1995), Angola está localizada na zona intertropical e subtropical sul. A proximidade em relação ao mar e, conseqüentemente, a corrente fria de Benguela - a qual exerce forte influência em toda região costeira sul; assim como também as características topográficas, são os fatores determinantes para a caracterização das duas principais estações climáticas no país.

Tendo em conta a localização geográfica, a topografia e as influências das correntes marítimas, o MINADER (2004) destaca a predominância em Angola de quatro tipos climáticos descritos a seguir:

a) **Tropical úmido**, que ocorre principalmente no norte e nordeste do País, incluindo a província de Cabinda e a faixa litoral entre Benguela e Quelo, caracterizado por precipitações anuais superiores a 1.200 mm, sendo que a maioria desta ocorre entre setembro e maio com valores máximos de chuva em torno de 300 mm em abril, e um

curto período de estiagem entre junho a agosto. Nesse tipo climático a temperatura média anual do ar é superior a 22 °C.

b) **Tropical semi-úmido**, ocorre imediatamente ao sul do clima tropical úmido, localizado na zona central sul e leste do país, aproximadamente entre as localidades de Quibala (província Kwanza Sul) – Sacacama (Província Moxico) – Luena (província de Kuando Kubango) – Lubango (província da Huila), com chuvas anuais variando entre 750 e 1.250 mm, com chuvas máximas de 250 mm em março. Esse tipo climático, apresenta período muito seco entre junho a setembro, com médias térmicas anuais variando de 20 a 22 °C para o Leste e 18 a 20 °C na zona central, requerendo irrigação para a exploração agrícola.

c) **Tropical seco**, ocorre ao longo do litoral desde o norte do município de Quelo até ao centro do município do Lobito. As precipitações anuais variam entre 500 e 700 mm, com máxima mensal de 130 mm em abril e mínima em maio, sendo o período seco de maio a setembro. Esta zona é considerada semiárida e requer irrigação complementar para a exploração agrícola. A temperatura média anual varia entre 24 e 26 °C, diminuindo até 20 °C em direção ao sul nas províncias de Cunene e Kuando – Kubango.

d) **Tropical desértico**, esse tipo climático localiza-se na região litoral sudoeste do país entre o norte do município de Lobito e sul do município do Tombua. Esta faixa é mais larga para sul e apresenta precipitação média anual inferior a 250 mm, com máxima de 100 mm no mês de março, à altura de Benguela, e um período seco entre maio a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 22 °C. O extremo sul é ainda mais seco com precipitações médias anuais inferiores a 100 mm entre janeiro a abril e longo período seco entre maio a dezembro. As temperaturas médias anuais variam entre 18 e 20 °C.

2. 1. 3 Solos de Angola

Em Angola, dentro de sua ampla superfície territorial, existe vasta diversidade de classes de solos. Os trabalhos de âmbito agrícola desenvolvidos no território angolano, geralmente obedecem a taxonomia de solos segundo a classificação da Organização das nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) de acordo com *World Reference Base for Soil Resources* (WRB, 2006).

Há diversos tipos de solos em Angola na sua maioria altamente intemperizados (Figura 3) sendo que os solos mais utilizados são os Ferrassolos, os quais apresentam baixo pH com altos conteúdos de sesquióxidos de ferro e alumínio, boa drenagem e baixos conteúdos de nutrientes, porém têm propriedades físicas favoráveis para o

cultivo e respondem bem aos fertilizantes. Estes solos predominam nas regiões dos cafezais numa faixa ao oeste do país, desde o norte de Cabinda, em direção ao Lubango, e de Cassinga a Menongne (MINADER, 2004).

Pode-se observar que toda a parte Leste do país, representando quase metade do território angolano, é dominada por solos do tipo Arenossolos (Arenossols), que apresentam certa limitação agrícola devido às características gerais típicas desse grupo de solos. A característica principal que os Arenossolos possuem, é de terem em comum textura arenosa, respondendo geralmente por sua alta permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água e nutrientes.

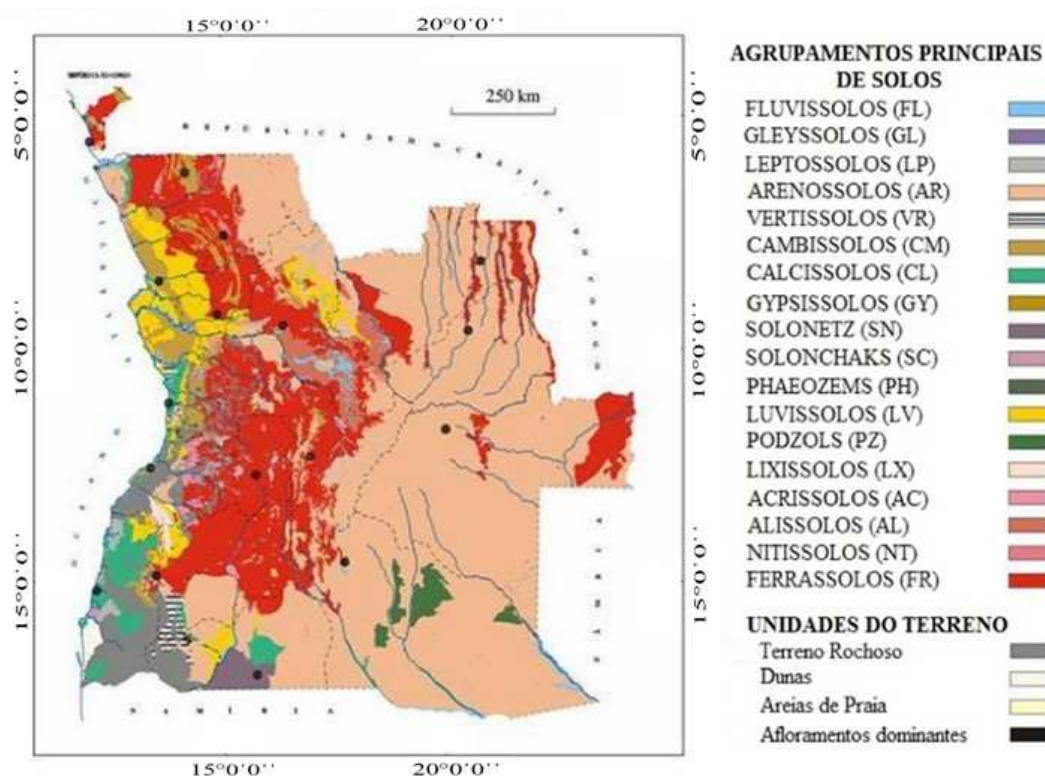


Figura 3. Unidades de mapeamento das principais classes de solos de Angola segundo a WRB. Fonte: Adaptado de Sertoli (2009).

As regiões planálticas e subplanálticas do centro e norte de Angola são dominadas pelos Ferrassolos cujo seu condicionamento agrícola é ditado principalmente pela baixa fertilidade natural. Esses solos apresentam boas propriedades físicas como grande profundidade, boa permeabilidade e microestrutura estável tornando-os menos suscetíveis à erosão do que a maioria dos outros solos tropicais intensamente intemperizados.

De acordo com Sertoli (2009), o grupo dos ferrassolos englobam os solos tipoferrálicos, solos fracamente ferrálicos, solos psamoferrálicos franco arenosos, solos tipoparaferrálicos e solos eutroparaferrálicos.

Os arenossolos englobam os psamorregossolos, solos oxipsâmicos e solos

psamoferrálicos arenoso-francos. Além dos grupos anteriormente citados, os solos fersialíticos são os que não se enquadram em nenhum dos dois, se enquadrando no grupo de referência dos Cambissolos (Cambisols).

Arenossolos – Compreendem os solos com textura arenosa, incluindo os solos desenvolvidos nas areias residuais após intemperismo de sedimentos *in situ* ou de rochas geralmente ricas em quartzo e solos desenvolvidos nas areias depositadas recentemente, como dunas em desertos e areias de praia (WRB, 2006). De acordo com Sertoli (2009), em associação ao clima, esses solos ocorrem desde os climas áridos a úmidos e de muito frio a muito quente, sendo que em Angola, os Arenossolos ocupam uma área que corresponde a cerca de 50% do território nacional.

O resumo dos tipos de solos que predominam no território angolano, com a classificação local e sua equivalência para a classificação da FAO encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Principais tipos de solos de Angola e suas respectivas áreas. Fonte: Diniz A. Castanheira (1990)

CEPT/MPAM (3 ^a aprox.)	FAO/Unesco	Área		
----- classes de solos -----		km ²	%	
1	Dunas del Desierto	Arenossolos	3,732	0,77
2	Aluviais	Fluvisolos	9,635	0,77
3	Litosolos	Leptosolos	64,474	5,17
4	Psamíticos	Arenossolos	716,248	57,46
5	Calcáreos	Calsissolos/Cambissolos	9,008	0,72
6	Barros	Vertissolos	11,176	0,9
7	Áridos Tropicais	Calsissolos/Gipsissolos	60,095	4,82
8	Oxisialíticos	Luvisolos Calcicos	5,916	0,47
9	Calcialíticos	Alissolos	7,06	0,57
10	Fersialíticos Tropicais	Lixissolos	40,283	3,22
11	Paraferralítico	Nitrossolos/Cambissolos	46,875	3,77
12	Ferralíticos	Ferrissolos	268,897	21,57
13	Hidromórficos	Geissolos	3,084	0,24
	Areias de Praia	Arenossolos	215	0,02
Total			1.246.698	100

2.2. Contexto histórico da cafeicultura em Angola

Na década de 70 a variedade de café robusta era cultivada predominantemente nas regiões de floresta densa úmida subcaducifólia, situadas ao noroeste do país como a região dos Dembos na província de Bengo, a Nordeste, desde Dalatando, província do Cuanza Norte, até as serras do Quitexe e Uíge envolvendo as matas de Quimbele e Macocola na província do Uíge. Dentre os municípios produtores à época, os localizados mais ao sul, onde ocorre cultivo do café robusta, são aqueles que se estendem até a zona do Amboim, Seles e Libolo na província do Cuanza sul (Figura 4).

Quanto ao café arábica, conforme ilustrado na Figura 5, este era cultivado nas regiões planálticas e subplanálticas nas províncias de Huambo, Bié, Huíla e Benguela (ANTÓNIO, 2008). Segundo Diniz (1973), todas estas áreas consideradas com maior potencial para produção de café se identificam com as formas de relevo da região.

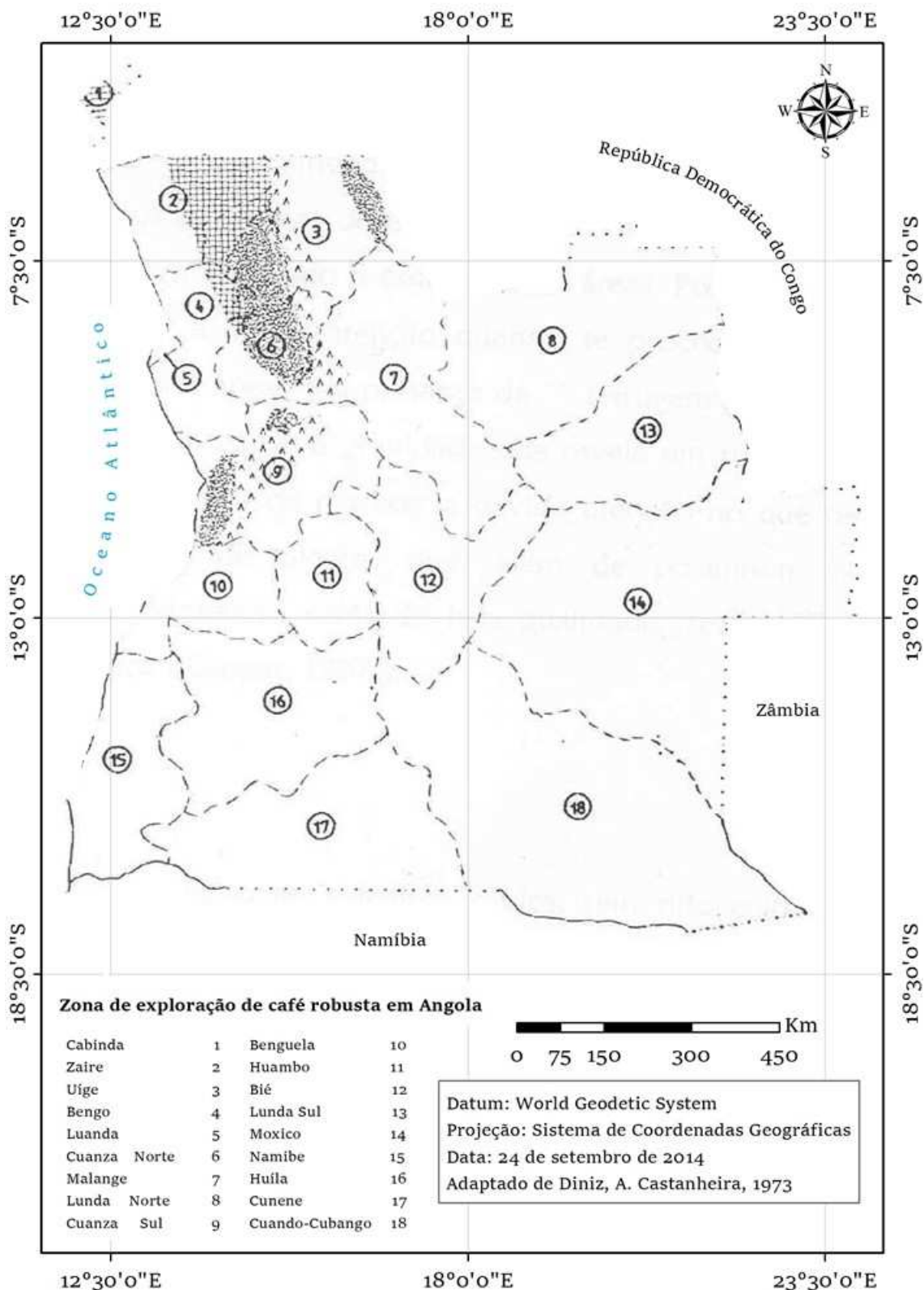


Figura 4. Área de exploração de café robusta em Angola. Fonte: Diniz, A. Castanheira (1973).

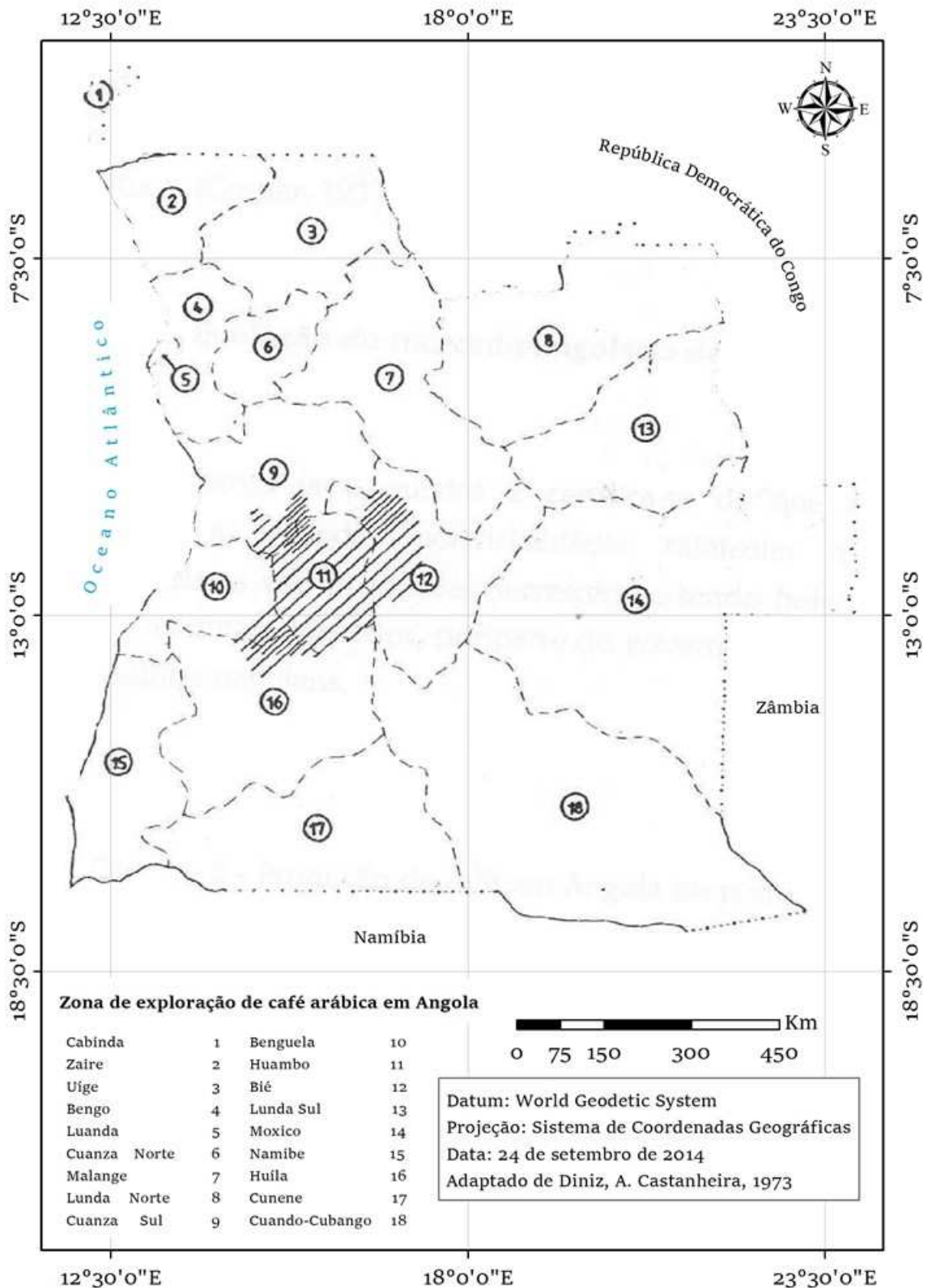


Figura 5. Área de exploração de café arábica em Angola. Fonte: Diniz, A. Castanheira (1973).

2. 3. A cultura do cafeeiro

O cafeeiro é uma planta pertencente à família das Rubiáceas, gênero *Coffea* (CARVAJAL, 1972). É principalmente cultivada nas regiões situadas entre os trópicos, com mais de 70 espécies originárias do continente africano, sendo que dessas, as economicamente mais importantes são o café arábica com 64 % da produção mundial e o café canéfora, variedade robusta, com 35 %.

Quanto a origem e dispersão do café, é comumente relatado na literatura que o mesmo é originário do continente africano, mais concretamente nas terras altas da Etiópia, ocorrendo esporadicamente como planta de sub-bosque. Segundo Carvalho (1946) ele foi levado da sua região de origem para Arábia por volta do século XV, e da Arábia para Ásia, Europa e para o resto do mundo, sendo o seu desenvolvimento impulsionado quando chegou na América do Sul especificamente no Brasil, em 1727.

De acordo com Eccardi e Sandalj (2002) o café arábica é cultivado em várias regiões no mundo como: América Central e do Sul, África e na parte oriental da Ásia, enquanto que o canéfora é amplamente cultivado na África Central, Sudeste da Ásia e na América do Sul, particularmente no Brasil.

A altitude é um fator que influencia a temperatura, segundo Ferreira et al. (2012) temperaturas mais amenas são normalmente encontradas em altitudes maiores, sendo que, nas regiões tropicais o café arábica é uma espécie típica de regiões montanhosas, cultivado comumente entre 1.000 m e 2.000 m de altitude enquanto que o robusta é mais adaptado às altitudes abaixo de 700 metros.

Devido a influência do fator altitude nas regiões de origem do café arábica, o clima é considerado ameno e úmido com ocorrência de uma estação seca que varia de dois a quatro meses (REIS, 2010).

Segundo António (2008), as médias térmicas exigidas para o bom crescimento e desenvolvimento do café arábica variam em torno de 18 °C a 21 °C. De acordo com a variação da altitude no território de Angola, as regiões do interior do país onde as altitudes são acima de 1.000 metros, favorecendo a ocorrência de temperaturas mais amenas devido às altitudes elevadas, são as mais propícias para o cultivo do arábica. As chuvas acumuladas favoráveis ao seu cultivo devem variar em torno de 1.200 mm a 1.500 mm e serem bem distribuídas durante nove a dez meses ao longo do ano.

Com relação a espécie café canéfora, segundo Carvalho (2008) esta teve sua origem numa área que se estende desde a Guiné Bissau, na costa ocidental de África, ao Congo, no sudoeste de África as quais são caracterizadas como regiões de clima quente e úmido associadas às baixas altitudes. Nessas regiões onde a umidade do ar se

aproxima do ponto de saturação essas variedades de café crescem com sucesso, sendo que as mesmas toleram locais de baixa umidade, desde que a estação seca do ano seja de curta duração.

Coste (1992) cita que as regiões de origem do canéfora são caracterizadas por baixas altitudes, temperaturas anuais variando em torno de 26 °C e precipitações que variam entre 1.500 e 2.000 mm anuais. Carvalho (2008) cita que as plantas da espécie canéfora podem, em regiões com temperaturas elevadas e bastante umidade, atingir altura de até cinco metros. São geralmente multicaules, mesmo com desbrotas frequentes, e apresentam capacidade adaptativa a variadas condições do ambiente.

Os cafés da variedade robusta são plantas adaptadas a climas mais quentes em relação ao café arábica, sendo que as médias térmicas anuais exigidas para o robusta, segundo António (2008), variam de 22 °C a 27 °C, fato que restringe o cultivo dessa espécie nas regiões do país com maiores altitudes. O mesmo autor cita ainda que a estação chuvosa ideal para o cultivo desse café deve apresentar boa distribuição e duração de nove meses com médias acumuladas variando de 1.000 a 1.500 mm, sendo indispensável um período curto, com duração de três meses, com ausência de chuvas para que se obtenha floradas uniformes e colheita mais concentrada.

Geralmente as plantas da variedade robusta apresentam multicaules mesmo em cultivos comerciais com desbrotas frequentes (CARVALHO, 2008). A espécie café canéfora além de polimorfa, exibe grande adaptabilidade as mais variadas condições ambientais em ampla distribuição geográfica.

De acordo com Ronchi e DaMatta (2007), a taxa de crescimento vegetativo (crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, formação de nós, expansão foliar etc.) do cafeeiro varia de região para região devido a ocorrência dos diferentes tipos climáticos, especialmente no que tange a temperatura do ar e precipitação atmosférica, sem descartar a influência que o fotoperíodo exerce no crescimento do cafeeiro.

Segundo Santinato et al. (1996), as áreas mais rentáveis para a cultura cafeeira estão localizadas entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio. Todavia, podem ser encontradas lavouras de café até em latitudes próximas de 30°, sendo nesse caso maior o risco de perdas devido a maior possibilidade de ocorrência de geadas.

Cannell (1976) cita que o crescimento vegetativo do cafeeiro fora das regiões tropicais é lento no outono e no inverno, durante o período seco e frio com dias curtos, e geralmente rápido na primavera e no verão, coincidindo com o início do período chuvoso e com o aumento das temperaturas do ar e do comprimento do dia.

De acordo com Carvalho (1946), a maior concentração de genótipos da espécie *coffea canephora* encontram-se na região da República Democrática do Congo em altitudes que variam desde o nível do mar, no Gabão, até altitudes de 1.300 metros em Angola, Camarões e Costa do Marfim.

A nível mundial a espécie *coffea canephora* apresenta maior predominância nas regiões ocidental, central tropical e subtropical do continente africano, principalmente nas regiões de clima quente como a República da Guiné, Costa do Marfim, Libéria, Sudão e Uganda (CHARRIER; BERTHAUD, 1985). Mendes et al. (2002), citam que a espécie canéfora nos dias de hoje é amplamente cultivada nos continentes africano, americano e asiático, em locais de baixa altitude e temperaturas mais elevadas, com médias anuais variando entre 22 °C e 26 °C.

O café canéfora, segundo Carvalho (2008), é uma espécie bastante difundida pelo mundo devido a sua ampla capacidade de resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix Berk et Br*) que é atualmente um dos principais problemas no cultivo do café.

De acordo com a ICO (2013) o café robusta é cultivado em maior escala no Vietnã, Brasil (Espírito Santo e Rondônia), Angola, Costa do Marfim, Uganda, Índia e outros países da Ásia, África e Oceania. Esse café é menos valorizado pelo mercado devido ao fato de possuir alta concentração de cafeína (2,2% a 2,5% mv) ou seja, cerca de duas vezes mais cafeína do que os cafés arábica. Em termos de comercialização, o mercado mundial apresenta maior consumo de café arábica devido tanto ao seu aroma mais agradável como pela menor quantidade de cafeína (1,2% a 1,3% mv).

Os cafés dessa espécie apresentam segmentação de acordo com o tipo de beneficiamento do grão. Um exemplo disso é o caso do café arábica cujo maior produtor é o Brasil. Nesse país adota-se o processo de beneficiamento seco ao sol, principalmente em Minas Gerais, São Paulo e no Paraná, que são os maiores estados produtores; enquanto que o café arábica suave é processado via úmida, cujos maiores produtores são Colômbia, México, El Salvador, Guatemala, Peru, Índia e Quênia (ICO, 2013).

Conforme os relatos anteriores existem duas espécies de plantas de café adaptadas a condições climáticas bem distintas já que as mesmas são originárias de locais em que as características do meio físico são bastante diferentes. Desse modo para que a planta do café alcance seu desenvolvimento potencial é necessário que, dependendo da espécie, as condições hídricas e térmicas sejam adequadas, exceto nos casos em que se opte pelo cultivo de espécies melhoradas geneticamente.

2.3.1. Fenologia do cafeeiro

Quanto a fenologia do cafeeiro, de acordo com Laviola et al., (2007) o tempo de duração de cada etapa do ciclo produtivo pode ocorrer variações em função das espécies e, principalmente, das condições climáticas da região, sendo que cada estágio tem funções fisiológicas e metabólicas próprias, essenciais à formação final do fruto.

George et al. (1987) citam que as fases fenológicas que correspondem ao período de florescimento da cultura e de crescimento dos frutos representam os períodos mais críticos para o crescimento das plantas pois é nessas fases que as mesmas se encontram mais susceptíveis às adversidades meio ambiente

De acordo com Pohlen e Janssens (2012) logo que mudam as estações, as plantas de café passam da fase vegetativa (raízes e parte aérea) para a fase reprodutiva, à medida que a planta cresce vai florescendo e dando frutos que depois de maduros, ficam prontos para colheita. O ciclo de cultivo varia em função das diferentes fases fenológicas do cafeeiro ao longo do ano. O período entre a floração e a colheita dos frutos varia entre seis a oito meses para o arábica e entre oito e onze meses para o robusta, conforme as condições locais e a variedade.

Na fase vegetativa e de frutificação o cafeeiro exige maior disponibilidade de água quando comparada a fase de colheita, podendo haver pequena deficiência hídrica sem causar grandes prejuízos para a planta (MATIELLO, 1991).

Após várias tentativas para definição das distintas fases fonológicas do cafeeiro descritas abaixo, o ciclo da cultura foi classificado por Camargo (2001) em seis fases distintas envolvendo dois anos fonológicos, iniciados em setembro (Figura 6).

1ª Fase: vegetativa com sete meses, de setembro a março, quando os dias são mais longos;

2ª Fase: vegetativa, de abril a agosto, com dias curtos, quando há indução das gemas vegetativas dos nós formados na 1ª fase, para gemas reprodutivas. Segundo Gouveia (1984), é quando os dias começam a se tornar mais curtos, a partir do mês de janeiro, que inicia-se a indução por fotoperiodismo das gemas axilares para gemas florais (reprodutivas). No final da 2ª fase, em julho e agosto, quando as gemas florais encontram-se maduras, as plantas entram em relativo repouso com formação de um ou dois pares de folhas pequenas. Em seguida, a partir de abril, ocorre a maturação das gemas reprodutivas após o acúmulo de aproximadamente 350 mm de evapotranspiração

potencial (ETp), é nesse período de dormência que elas ficam prontas para a floração, quando ocorre um aumento substancial do potencial hídrico nas gemas dormentes.

3ª Fase: florada e expansão dos frutos, de setembro a dezembro. Para sua ocorrência é necessário haver um estresse hídrico provocado pela chuva ou irrigação. As floradas ocorrem cerca de 8 a 15 dias após o aumento do potencial hídrico nas gemas florais.

4ª Fase: granação dos frutos, de janeiro a março;

5ª Fase: maturação dos frutos ao completar cerca de 700 mm de somatório de ETp, após a florada principal;

6ª Fase: senescência e morte dos ramos produtivos, não primários, em julho e agosto.

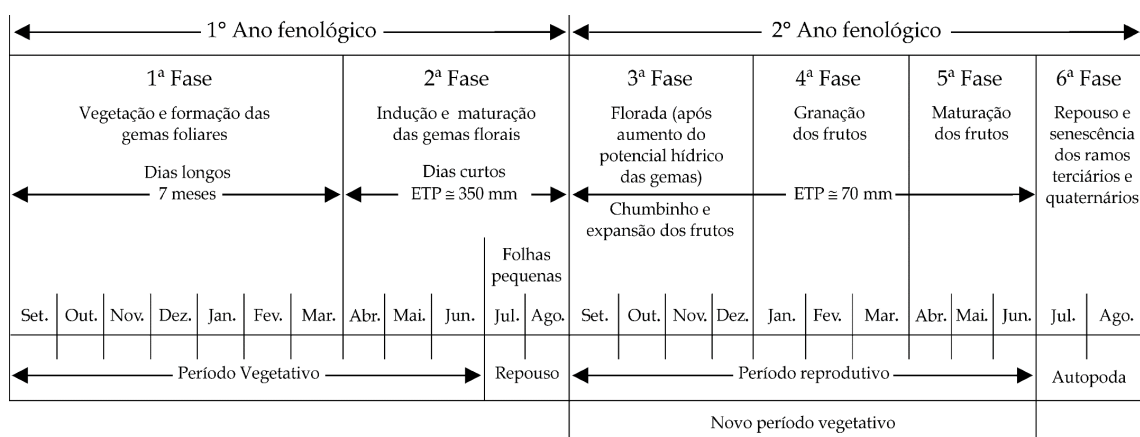


Figura 6. Ciclo fenológico do cafeeiro. Fonte: Camargo e Camargo (2001).

De acordo com Sedyama et al. (2001), períodos curtos de seca parecem ser importantes para o crescimento das raízes, maturação dos ramos formados na estação chuvosa precedente e principalmente para uma boa diferenciação floral e maturação dos frutos.

Quanto às características hídricas do solo, para a quantificação da água armazenada e para a estimativa da deficiência hídrica é comumente utilizado o método do balanço hídrico climatológico em diferentes escalas de tempo.

2. 4. Balanço hídrico climatológico

O balanço hídrico climatológico (BHC), consiste na contabilização da água no solo, ou seja, é monitorada a quantidade de água que entra no sistema pela chuva ou irrigação, e aquela que é perdida para a atmosfera pela demanda evapotranspiratória das plantas.

Um bom planejamento hídrico é o fator principal com vista ao dimensionamento de qualquer forma de manejo dos recursos hídricos, sendo o balanço hídrico a ferramenta que permite a avaliação, em escala macroscópica, da disponibilidade de água no solo em determinada escala temporal (LIMA e SANTOS, 2009).

De acordo com Lima e Santos (2009) o balanço hídrico permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático, determinar o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer o planejamento integrado dos recursos hídricos.

Segundo Thornthwaite e Mather (1955) o balanço hídrico climatológico permite determinar o regime hídrico de um local de maneira simples e rápida, sem precisar de medidas diretas das condições do solo. De acordo com Camargo (1971) e Pereira et al. (1997), esta técnica possui variáveis de grande importância para sua realização, sendo necessário definir o armazenamento máximo no solo (Capacidade de Água Disponível - CAD), a precipitação total (P) e também a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) em cada período. Com essas informações básicas, o BHC estima a evapotranspiração real (ETR), a deficiência (DEF) ou o excedente hídrico (EXC), e o total de água retida no solo em cada período (ARM) elaborado desde a escala diária até a mensal.

Para elaboração do balanço hídrico climatológico, o primeiro passo deve ser a definição da capacidade de armazenamento de água (CAD) a qual corresponde à diferença entre o conteúdo total de água no solo, quando toda a água livre foi drenada por gravidade, considerada como capacidade de campo, e o teor de umidade no qual as plantas murcham e morrem, considerado como o ponto de murcha permanente (VIANELLO e ALVES, 2012).

Segundo Vianello e Alves (2012), o método para estimativa do balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite, obteve popularidade mundial, em parte porque exige apenas o conhecimento da temperatura do ar e da precipitação pluvial, mas também porque o mesmo se apresenta como base para uma classificação mundial dos climas, levando em consideração solo, vegetação e parâmetros atmosféricos.

Segundo Ortolani et al. (1970) e Camargo et al. (1974) o balanço hídrico climatológico contribui para a definição da aptidão agrícola de determinada região com parâmetros específicos para determinada cultura e, segundo Jensen (1968) bem como Doorenbos e Kassam (1994), quando realizado de maneira sequencial, possibilita ainda quantificar as necessidades de irrigação em uma cultura e relacionar o rendimento das mesmas com o déficit hídrico.

Para Carvalho (2008), do ponto de vista agrônomo, interessa a variação do armazenamento de água que ocorre na camada onde se concentram aproximadamente 90% do sistema radicular da planta.

O conhecimento dos elementos resultantes do cálculo do BHC são de extrema importância para definição do crescimento e do desenvolvimento das plantas sob diferentes condições ambientais ao longo do seu ciclo da cultura, já que a água é um dos fatores limitantes à obtenção de elevadas produtividades agrícola. Todavia, saber como esses elementos variam no seu contexto espaço-temporal torna-se imprescindível para estudos de caracterização da disponibilidade hídrica de uma região, para a caracterização de secas, para o planejamento de melhores épocas de semeadura e zoneamento agroclimáticos, servindo de base para a elaboração de políticas públicas para o setor agrícola.

2. 5. Precipitação pluviométrica efetiva

Abdullah et al. (2013), definem “chuva” como sendo o conjunto de partículas de água, líquida ou sólida, que se precipitam a partir das nuvens e atingem a superfície terrestre, as quais podem ser classificadas como chuveiro, chuva, neve, cristais de gelo e granizo.

Dentre todas, é relatado por Bertoni e Tucci (2001) que a mais importante do ponto de vista hidrológico é a precipitação pluviométrica, popularmente chamada de chuva, devido a sua capacidade de produzir escoamento superficial.

A Precipitação Efetiva (Pe) passa então a ser definida como a fração da quantidade total de água da chuva que é útil para satisfazer às necessidades hídricas das culturas (BERTONI E TUCCI, 2001). De acordo com esses autores, precipitação efetiva corresponde ao valor da precipitação total após a subtração do escoamento superficial, da evaporação e da percolação profunda; considerando apenas a água retida na zona de raiz que pode ser utilizada pelas plantas, representando, assim, a parte eficaz da água da chuva.

O termo “Precipitação Efetiva” tem diferentes interpretações, nas diferentes áreas de estudo, sendo na agricultura definida como a parte da precipitação que fica armazenada no solo até a profundidade efetiva das raízes das plantas e assim disponível para os cultivos. É ainda definida por Pozzebon et al. (2003) como a diferença entre a precipitação total e as diferentes perdas como escoamento superficial, percolação além da zona radicular do solo e pela evaporação da água interceptada pela vegetação. Há que se considerar que as necessidades hídricas das culturas variam em decorrência de

diferentes demandas espaciais e temporais.

Dos vários fatores que influenciam a precipitação efetiva como escoamento superficial, evaporação, percolação profunda e evapotranspiração, essa última é a principal, sendo que, o escoamento superficial também desempenha papel importante na estimativa de precipitação efetiva, especialmente em lugares montanhosos ou locais de maior pluviosidade (VALLET et al. 2013).

Os processos de escoamento desempenham papel importante no cálculo da precipitação efetiva e permitem a divisão desse fator em duas partes, sendo a primeira a água que infiltra no solo, e a segunda, a água que se junta à rede de drenagem da superfície. O escoamento depende principalmente da intensidade da precipitação, da capacidade de drenagem do solo, associada a declividade e a cobertura vegetal.

Os cálculos da precipitação efetiva para o balanço solo-água dependem principalmente da interceptação da cobertura vegetal, do escoamento superficial, da capacidade de armazenamento de água disponível no solo e da evapotranspiração. Sendo a evapotranspiração a água transpirada pelas plantas e evaporada do solo.

De acordo com Lima e Nicollielo (1983), na estimativa da evapotranspiração podem ocorrer erros caso não sejam levadas em consideração as perdas reais pelo escoamento superficial e interceptação, já que a taxa de perda de água por transpiração é menor do que a perda por interceptação.

A parte da água que se infiltra no solo pode, então, fornecer a informação acerca da capacidade de armazenamento disponível no solo (CAD) que é o teor máximo de água disponível no solo para as plantas.

Segundo Jensen et al. (1990), a lâmina de P_e armazenada no solo durante certo período depende da frequência de ocorrência e características (total precipitado, duração e intensidade) da precipitação, das condições da superfície do solo e da capacidade de armazenamento de água do solo disponível no momento de ocorrência da chuva.

Várias metodologias têm sido propostas para estimativa da precipitação efetiva em áreas agrícolas, dentre as quais, Rodrigues et al. (2003) afirmam que uma das mais utilizadas é a desenvolvida pelo Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos (USDA-SCS).

Uma das finalidades fundamentais da utilização da precipitação efetiva, é que esta permite ao produtor conhecer a quantidade real de água que pode estar disponível para as plantas. No caso de sistemas irrigados, permite a quantificação efetiva do volume de água necessário para irrigação suplementar de maneira que o irrigante possa alcançar expressiva economia na condução da irrigação.

Segundo Sampaio et al. (2000) a determinação da precipitação efetiva é bastante importante para a irrigação, visto que esta parcela da precipitação é aquela que contribui com a água disponível do solo e, assim, sua quantificação torna-se útil no manejo da irrigação, enquanto que a água evaporada das superfícies das folhas e dos ramos das copas contribuem para a evapotranspiração.

O manejo adequado da irrigação deve ser realizado de forma a maximizar o uso da água da precipitação natural, minimizando a irrigação suplementar, tendo como benefícios a economia de energia na captação e na condução da irrigação, uso de estruturas e equipamento de menor custo e ainda redução nas perdas de solo e nutrientes (BACK et al., 1998).

Muitos estudos envolvendo necessidade de irrigação e espacialização com vista a distribuição de elementos climáticos, considerando a precipitação efetiva, têm sido realizados com auxílio da ferramentas de geoprocessamento.

A quantificação da chuva é obtida a partir da coleta da água precipitada em postos pluviométricos, de forma pontual, assim como a evapotranspiração que é estimada a partir de parâmetros físicos e climáticos medidos em estações meteorológicas.

Para a quantificação mais precisa do balanço hídrico em determinada área, é necessário que os dados pontuais sejam espacializados de modo a possibilitar a estimativa de valores médios para toda área em análise (FREITAS e LOPES, 2003).

2. 6. Zoneamento agrícola

De acordo com MAPA (2014) o zoneamento agroclimático é uma variação do zoneamento de aptidão agrícola que visa delimitar em uma região, zonas com características de solo e/ou clima aptas para o cultivo de uma determinada cultura. Esse tipo de zoneamento se torna imprescindível para a concessão de crédito agrícola aos produtores e ao mesmo tempo indispensável para o cultivo sustentável de plantas tropicais, uma vez que favorece a obtenção de frutos mais seguros do ponto de vista alimentar através da identificação de áreas com possibilidade quase que total de cultivo que necessitem de uma menor aplicação de defensivos agrícolas.

O zoneamento agrícola deve ser constantemente atualizado, visando obter retorno satisfatório dos investimentos a médio e longo prazo, sendo considerado como instrumento de fundamental importância para a tomada de decisões no que se refere aos fatores que influenciam direta e indiretamente a produtividade agrícola. Camargo (1977) afirma que o zoneamento para a cultura do café, é de fundamental importância

para o planejamento da atividade cafeeira. Assim, o zoneamento agroclimatológico pode auxiliar na tomada de decisões que possam trazer benefícios diretos para o desenvolvimento de determinada cultura.

O zoneamento é uma técnica que quando bem elaborada permite auxiliar na definição de políticas públicas e programas agrícolas, direcionados ao desenvolvimento agrícola regional e nacional, a concessão de crédito rural, industrialização agrícola, conservação do solo e, especialmente, a assistência técnica aos produtores (CHAGAS et al., 2000; FERREIRA, 1997; ROSSETI, 2001).

Segundo Pellegrino et al. (1998), uma das aplicações principais de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) em agrometeorologia é a de transformar dados numéricos, obtidos em pontos referenciados geograficamente na superfície, em mapas interpolados a partir das informações originais, obtendo-se valores estimados para todas as localidades da região representada, não se restringindo apenas aos dados observados inicialmente. Com isso é gerada uma série de informações confiáveis a respeito do comportamento espacial da variável, sem a necessidade de observação direta.

Dentre outras várias aplicações dos SIG's figura o zoneamento agroclimático que, de acordo com Silva (2003), consiste em definir zonas homogêneas dentro de determinada região, conforme determinados critérios preestabelecidos.

2. 7. Aptidões pedológica e agroclimática para o café arábica e robusta

2.7.1. Aptidão pedológica para café arábica e robusta

Associado às condições adversas do ambiente, os solos podem contribuir de modo positivo ou negativo para a produtividade da lavoura, independentemente das práticas de cultivo adotadas. Segundo Nunes et al. (2005), o cafeeiro é uma cultura que necessita de boas características físicas, químicas e biológicas do solo para que ocorra a expansão em volume e profundidade ideal de seu sistema radicular. Dentre as características físicas ideais para cultivo de café pode-se citar, condições de relevo com declividade entre 2,5 a 12%, solo com boa drenagem e que não apresente adensamento principalmente nos horizontes onde o sistema radicular se expande.

Nunes et al. (2005) destacam ainda que para a boa expansão das raízes os solos devem apresentar profundidade efetiva de pelo menos 1,2 m sem afloramentos rochosos nem fração textural acima de 2 mm. Com relação a estrutura, é recomendado à granular de tamanho médio, de tal forma que permita boa retenção e armazenamento de água e nutrientes. As disposições ideais das fases no solo são as que possuam 50% mineral,

25% de fase líquida e os 25% restantes de fase gasosa facilitando boas condições de aeração.

Segundo Guimarães e Lopes (1986) atualmente várias regiões cafeeiras no Brasil como Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e algumas do sul de Minas têm se estabelecido sobre Latossolos, que normalmente apresentam baixa fertilidade natural, mas com boas condições de arejamento em virtude de sua estrutura granular e boa friabilidade.

Sediyama et al. (2001) afirmam que os solos mais adequados para o cultivo do cafeeiro devem ser profundos, porosos e bem drenados com estrutura granular de tamanho médio e moderadamente desenvolvida com textura média, devem também apresentar no mínimo 20% de teor de argila.

Nutman (1933) relatou que o sistema radicular do cafeeiro pode alcançar até 3,05 metros. Wallis (1963), reforçou tal ideia afirmando que no Quênia, alguns solos utilizados para exploração cafeeira, alcançaram seus pontos de murcha permanente com 3,05 metros de profundidade no final da estação seca.

Os solos profundos apresentam, então, maior volume para o desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo maior disponibilidade de água e nutrientes ao alcance das plantas. Esses solos são fundamentais para o cultivo do café em regiões de baixa pluviosidade como é o caso das regiões do extremo Sudoeste de Angola.

2. 7. 1. 1. Características físicas do solo

Segundo Souza et al. (2004), o relevo é um fator que influencia indiretamente na produtividade do cafeeiro por condicionar nos atributos físicos e químicos do solo. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999) classifica o declividade do terreno em plano (declividade de 0 – 3%); suave ondulado (declividade de 3 – 8%); ondulado (declividade 8 – 20%); fortemente ondulado (declividade 20 – 45%); montanhosos (declividade 45 – 75%) e escarpados (declividade > 75%).

Matiello et al. (2012) afirmam que lavouras estabelecidas em relevos planos podem correr o risco de inundação do solo causando má drenagem devido ao adensamento e que, se torna comum a susceptibilidade de acúmulo de ar frio e ventos fortes o que pode ser evitado com a implementação da técnica de quebra-ventos. Botelho et al. (2010) consideram solos com declividades de 3 a 20% os mais adequados para cultivo do cafeeiro devido a menor susceptibilidade à erosão e facilidade de mecanização.

Segundo Mendes et al. (2002), solos com elevada pedregosidade proporcionam elevada drenagem e dificuldade de mecanização daí, a recomendação de solos com no máximo 5 a 15% de cascalho para cultivo de café.

Guimarães e Lopes (1986), afirmam que a maior parte do sistema radicular do cafeeiro se concentra na profundidade de 30 centímetros logo é nela que deve ser mantida as melhores condições em termos de estrutura que para o cafeeiro deve ser a granular ou em blocos de tamanho médio.

Segundo Mantovani (1987), a degradação da estrutura do solo pode ocasionar demora na emergência das plantas, diminuição no seu crescimento e limitação na expansão do seu sistema radicular.

De acordo Botelho et al. (2010) a profundidade efetiva do solo se refere a não existência de algum impedimento físico ou químico que impeça o normal crescimento radicular das plantas. Devido ao seu grande número de raízes na superfície o cafeeiro pode desenvolver bem em solos com profundidade efetiva de aproximadamente 100 centímetros.

Matiello (1991) analisou duas características essenciais com relação aos solos para cultivo do cafeeiro: a profundidade do solo e sua capacidade de armazenar água concluindo que a profundidade mínima do solo para cafeeiro é de 1,2 m com boa estrutura e textura para possibilitar a boa expansão do sistema radicular. Essas condições são adequadas nas regiões onde as chuvas ocorrem de sete a oito meses e a seca de cinco a quatro meses durante o ano.

2. 7. 1. 2. Características químicas do solo

Nunes et al. (2005) citam que os cafeeiros mais jovens são mais sensíveis a toxicidade por alumínio, logo são necessários resultados preliminares de análise de macro e micronutrientes do solo para caracterização do mesmo. Ainda de acordo com os autores, é preferível que o café seja cultivado em solos que tenham boa fertilidade natural, pois a presença de matéria orgânica no solo é uma característica biológica importante que assegura as concentrações de micro-organismos que fornecem nutrientes às plantas.

Botelho et al (2010) afirmam que solos ricos em húmus com baixa acidez são os mais recomendados para cultivo de café e que os solos com acidez acentuada e baixa fertilidade denominados distróficos, podem ser corrigidos por intermédio da adição de fertilizantes e corretivos.

Dentre as características químicas do solo há que salientar a importância da matéria orgânica (MO) nas propriedades físicas do solo, por contribuir para estruturação grumosa e granular, nas propriedades químicas pela "disponibilização" de nutrientes, e nas propriedades biológicas pela manutenção da microbiota do solo (Matiello 1986).

De acordo com a (ACA, 2014), inicialmente o cultivo do café ocorria predominantemente em solos com melhor fertilidade natural, épocas cuja agricultura caracterizava-se pelo seu caráter rudimentar, por isso as regiões cafeeiras dos estados de Espírito Santo, Rio de Janeiro, bem como na zona da mata, sul de Minas e norte de São Paulo, localizavam-se nas regiões mais férteis da paisagem.

Com o passar do tempo, surgiu a necessidade de se expandir as fronteiras da produção cafeeira. Daí, os cafezais passaram a ser cultivados em solos com menor fertilidade natural, mas com excelentes condições topográficas (ACA, 2014).

Para avaliação da fertilidade do solo de modo geral é necessário que se conheçam os teores de MO, macro e micronutrientes como fósforo, potássio, cálcio, magnésio, e do alumínio, que pode apresentar efeito de toxicidade. Para cultura do café, além dos elementos citados, é necessário que se façam análises dos micronutrientes de enxofre, zinco, cobre, manganês, ferro e molibdênio para melhor conhecimento das condições químicas do solo.

2.7.2. Aptidões agroclimática para o café arábica e robusta

Com relação a deficiência hídrica (Da), zonas consideradas aptas são aquelas que segundo Matiello (1991) apresentam deficiências hídricas pequenas, "Da" inferior a 150 mm, porém, com temperaturas médias do ar (Ta) inferiores a 23°C, já que a ocorrência de altas temperaturas não contribuem para a frutificação, resultando em baixa produtividade.

Quanto ao uso de água pelo cafeeiro, Arruda et al. (2000) chegaram à conclusão de que o consumo pela planta é interrompido quando se esgotam aproximadamente 113 mm de água na camada de solo entre as profundidades 0 a 100 cm. Essa conclusão pode, de certa maneira, confirmar os critérios estabelecidos por Camargo (1985), nos quais o máximo de deficiência hídrica que o cafeeiro tolera é de até 150 mm por ano.

Do ponto de vista térmico segundo Rena (1986), para o bom crescimento do cafeeiro é necessário que as temperaturas sejam ótimas, pois tanto as temperaturas altas como temperaturas baixas influenciam não só no crescimento como, os processos fisiológicos e a produtividade.

As médias térmicas anuais consideradas propícias ao desenvolvimento do café, segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ (1977) estão compreendidas entre 19 a 21 °C para o arábica e entre 22 a 26 °C para o café robusta.

De acordo com Meireles et al. (2004), as médias térmicas anuais das localidades favoráveis ao crescimento do café arábica variam entre 18 °C e 22 °C, sendo o ideal entre 19 °C e 21 °C, em regiões livres de geadas. São consideradas regiões inaptas para o café arábica, aquelas cuja temperaturas médias anuais sejam inferiores a 18 °C e superiores a 23 °C.

Para Camargo e Pereira (1994) a espécie arábica, que é nativa de regiões onde as altitudes variam de 1.600 a 2.000 metros, ocorre em regiões de clima ameno e úmido na qual ocorre geralmente uma estação seca de 2 a 4 meses. Segundo os mesmos autores, as temperaturas nessas regiões oscilam de 17 °C a 19 °C nos meses frios, e 22 °C a 26 °C nos meses quentes.

De acordo com Fernandes (1996) para cafeeiros adultos, temperaturas inferiores a 18 °C para as espécies de café arábica favorecem a exuberância vegetativa e baixa diferenciação floral, além de sintomas típicos de crestamento foliar no período de inverno associados a ventos dominantes.

Pohlan e Janssens (2012) partilham o mesmo raciocínio, afirmando que para cafeeiros da espécie arábica as temperaturas médias anuais ótimas para o seu crescimento são as que se encontram na faixa de 18 a 22 °C. Temperaturas acima de 23 °C aceleraram o desenvolvimento e maturação dos frutos podendo provocar perda na qualidade da bebida. Altas temperaturas, acima de 30 °C durante a floração, associada à prolongada estiagem podem favorecer o abortamento das flores.

Temperaturas do ar elevadas na fase de florescimento poderão dificultar o pegamento das floradas e provocar a formação de estrelinhas, o que implica na quebra da produção principalmente nos anos de longa estação seca (POHLAN e JANSSENS 2012).

Camargo (2001) cita que temperaturas superiores a 23 °C, associadas à períodos secos na época do florescimento, podem favorecer o abortamento floral e a formação de estrelinhas, diminuindo significativamente a produtividade.

As temperaturas médias do ar elevadas, acima de 23 °C, favorecem o aparecimento de frutos com maturação demasiadamente precoce. Segundo Camargo (1985), esse fato traz vários inconvenientes como perda da qualidade devido a colheita e a secagem precoce. Ainda Camargo (1985), afirma que temperaturas abaixo de 18 °C provocam atrasos demasiados no desenvolvimento dos frutos, cuja maturação pode

sobrepôr-se ou ultrapassar a florada seguinte, interferindo na vegetação e na produção do cafeeiro.

Segundo Sedyama et al. (1999), temperaturas do ar iguais ou inferiores a 2 °C implicam na formação de geadas de radiação. Quanto a orientação das faces, se as mesmas estiverem voltadas para Sul e Sudoeste, sob influência de ventos moderados a fortes, com baixas temperaturas do ar, poderá ser observado a ocorrência de sintomas típicos de crestamento foliar nos períodos de inverno.

Pinto et al. (2000), afirmam que a ocorrência de geada, para o cafeeiro, significa morte dos tecidos vegetais que ocorre quando a temperatura do limbo foliar for igual ou menor que -3,5 °C.

Em termos de precipitação pluvial, considera-se geralmente que a melhor quantidade de precipitação anual para o café arábica seja entre 1.400 e 2.400 milímetros, embora um intervalo entre 800 e 4.200 milímetros continue sendo aceitável (POHLAN e JANSSENS 2012).

Em se tratando de qualidade do café, Fernandes (1996) cita que a melhor qualidade de café arábica é aquela obtida em lavouras localizadas em altitudes maiores em condições climáticas mais amenas. Estas condições são normalmente encontradas nas regiões tropicais montanhosas, com elevações significativas, tais como a África Oriental (Quênia, Tanzânia e Etiópia) e as regiões tropicais das Américas. Sendo que nestas últimas são consideradas as regiões Central e Sul do México, que se estende pela Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicarágua, Costa Rica e Panamá, e para a América do Sul com o Brasil, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia.

Pohlan e Janssens (2012) citam que para a espécie canéfora, as temperaturas ótimas para seu crescimento estão situadas entre 22 a 30 °C, adaptando-se claramente a temperaturas mais elevadas, quando comparadas a espécie arábica.

Quanto as condições ambientais das regiões onde o café canéfora ocorre com maior predominância e de maneira selvagem é relatado por Coste (1992) que, as precipitações são, via de regra, superiores a 2.000 mm e bem distribuídas com uma estação seca de apenas dois a três meses, umidade relativa alta e médias térmicas anuais em torno de 26 °C, sendo as médias das temperaturas máximas em torno de 30 °C, e das mínimas em torno de 21 °C.

É importante que as chuvas sejam bem distribuídas ao longo das estações do ano ou contínuas durante cerca de 7 a 8 meses Pohlan e Janssens (2012).

A natureza da temporada em termos de duração e intensidade das chuvas é um fator ecológico essencial na determinação do intervalo entre a floração e a maturação

dos frutos. Da mesma forma, quando a precipitação anual excede 3.000 mm, doenças foliares de infecções fúngicas desenvolvem-se com maior facilidade.

Devido ao seu sistema radicular superficial, o café canéfora pode tolerar chuvas por longos períodos e alta umidade do solo, mas exige uma curta estação seca para uma floração uniforme.

Ambas as espécies de café toleram sombra e têm necessidades de crescimento bastante similares como muitas outras culturas florestais, o que as tornam adequadas para incorporação em ecossistemas agroflorestais.

Segundo Pohlan e Janssens (2012), ventos fortes podem reduzir a área foliar e o comprimento internodal dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos. Ventos quentes aumentam a evapotranspiração da cultura, aumentando assim as exigências de umidade pelas plantas. Em regiões onde os ventos fortes são frequentes, quebra-ventos ou árvores de abrigo são recomendados para melhorar o desempenho das culturas.

De acordo com Sedyama et al. (2001) é importante observar que dentro de uma zona restrita para a cultura poderão ocorrer áreas com microclimas bem enquadrados para o cultivo do cafeeiro. Por outro lado, poderão ser encontradas áreas com tendência a serem classificadas como inadequadas. Esse fato pode ocorrer em virtude das condições microclimáticas não serem definidas pelo tamanho da grade de interpolação das variáveis fitoclimáticas adotadas para o zoneamento.

3. Material e Métodos

A área de estudo, república de Angola, está situada na região ocidental e austral do continente africano, seu território compreende as coordenadas 4° 22' e 18° 02' de latitude Sul e 11° 41' e 24° 05' de longitude Leste. É limitada ao ocidente pelo oceano Atlântico sul, ao sul pela república da Namíbia, ao leste pela república da zâmbia e a norte e nordeste pela República Democrática do Congo (Figura 7). Possui uma área total de 1.246.700 km² com 18 províncias que são: Bié, Namibe, Uíge, Moxico, Zaire, Cunene, Huambo, Huila, Bengo, Lunda Sul, Malanje, Cabinda, Cuando Cubango, Cuanza Norte, Cuanza Sul, Luanda, Benguela e Lunda Norte. Sendo Luanda a capital da república. Apresenta relevo plano ao longo da faixa litoral, sendo que a medida que adentra para o continente a altitude aumenta significativamente apresentando-se mais plano na região central do país.



Figura 7. Mapa de localização de Angola em África. Fonte: <http://www.activityvillage.co.uk/angola-on-map-of-africa>.

3.1. Dados climáticos

Foi inicialmente utilizado o banco de dados climatológicos disponível no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia de Angola – INAMET (Figura 8). O conjunto de estações meteorológicas com dados de temperatura e chuva, com médias históricas de 30 anos de observação (1961-1990), mostrou-se insuficiente e não representativo devido à grande extensão do território angolano que se pretendia representar. A partir de então optou-se por utilizar um novo banco de dados criado a partir do *site* do *Worldclim*.

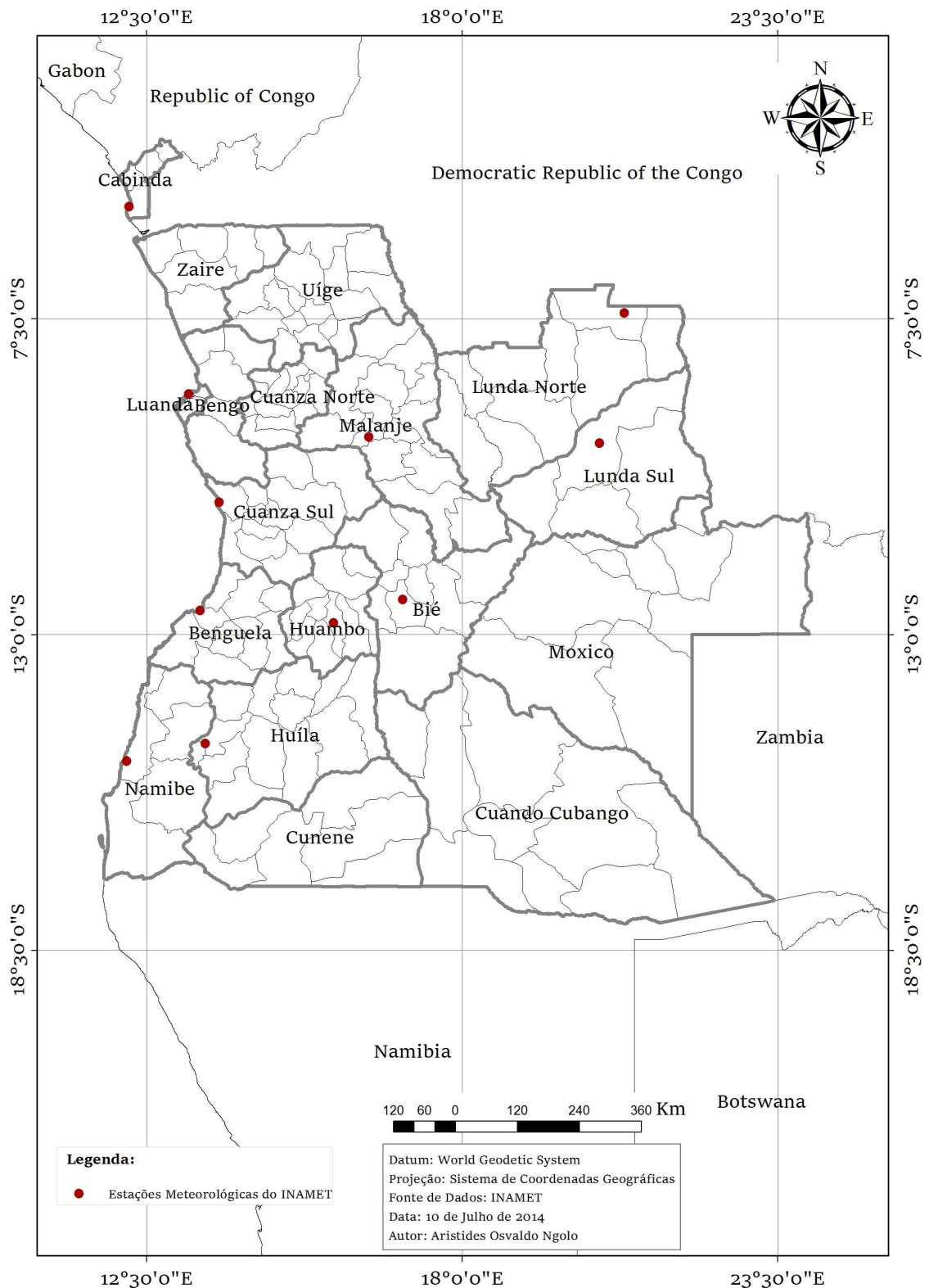


Figura 8. Localização das estações meteorológicas do INAMET em Angola.

Foram então compilados os dados climáticos para todo o território angolano (Figura 9) a partir de *layers* (grades de dados climáticos) com resolução espacial de

aproximadamente um quilômetro quadrado (1 km²) no site “Worldclim-Global Climate Data”, os quais possuem uma série histórica de 50 anos (1950-2000) de observação.

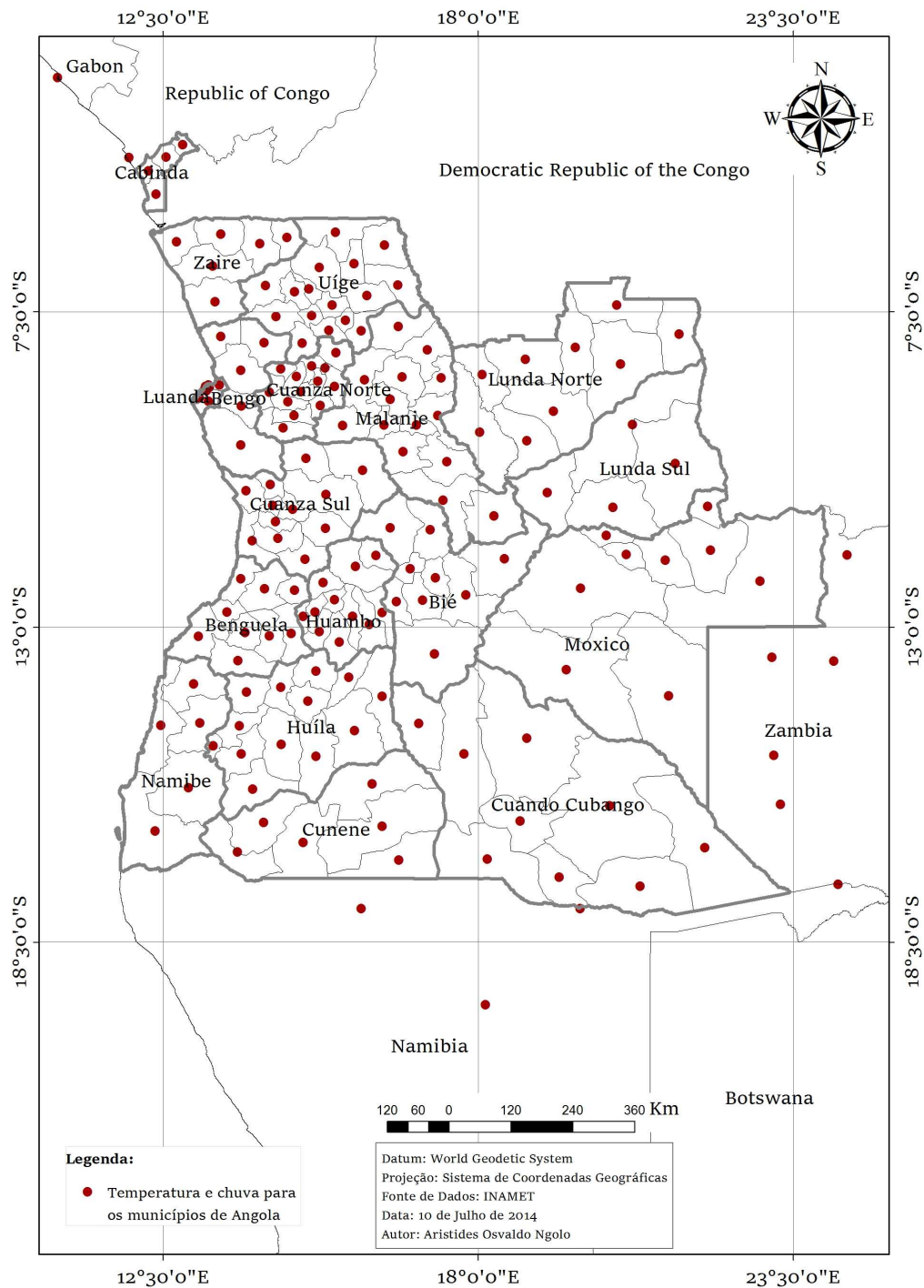


Figura 9. Malha de pontos de temperatura do ar e precipitação para os municípios de Angola e regiões limítrofes.

O *worldclim* foi desenvolvido por Hijmans et al. (2005), no Museu de Zoologia de Vertebrados da Universidade da Califórnia, Berkeley, em colaboração com Peter Jones e Andrew Jarvis (CIAT) e com Karen Richardson (Rainforest CRC), os quais compilaram a base de dados climáticos nacionais e internacionais de todos os países do

mundo que dispõem desses dados. Após a obtenção, os dados foram avaliados quanto à sua qualidade e consistência.

3.1.1. Obtenção dos dados de temperatura e precipitação no site do WorldClim

Com o uso da ferramenta *Zonal Statistics as Table*, foram obtidos, a partir dos pontos centrais dos polígonos que representavam os municípios de Angola, os valores de temperatura média e o total de precipitação ao longo de todos os meses do ano para cada município de Angola. Os dados climáticos das regiões limítrofes, integrados no banco de dados, foram obtidos a partir do *site* da “Organização Meteorológica Mundial” (*WMO*), dados esses com média temporal de 30 anos de observação (1961-1990).

Com o uso da ferramenta *Raster calculator* do programa *ArcMap*, foram obtidos, a partir da temperatura média mensal, os valores de temperatura média anual para elaboração do mapa de temperatura média do ar para o território angolano. Em seguida, com base nas exigências térmicas da cultura do café, foi realizada a reclassificação do mapa de temperatura para elaboração do mapa de aptidão das regiões com temperaturas homogêneas.

Posteriormente, os valores de temperatura e chuva foram tabulados em planilhas eletrônicas para o cálculo do balanço hídrico climatológico.

Destaca-se que a limitação imposta pela baixa densidade da rede de dados climáticos não possibilita o estudo mais detalhado dos diferentes topoclimas de grande parte do território angolano.

3.1.2 Obtenção do Modelo Digital de Elevação

Para composição do mosaico abrangendo toda área de estudo, foram necessárias 20 cenas, que após o descarregadas foram corrigidas e recortadas. As imagens foram então importadas do site do “Grupo Americano em Pesquisa e Agricultura Internacional”, no link: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. A seleção das imagens foi feita a partir do valor das coordenadas geográficas da área de Angola, no sistema de coordenadas geográficas e *datum* “World Geodetic System” (WGS 1984).

Foi utilizado o *software* SIG “ArcMap 10.1” para elaboração dos mapas temáticos de temperatura média anual do ar e da deficiência hídrica anual, bem como para elaboração do modelo digital de elevação para o território angolano, sendo esse último elaborado a partir dos dados da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).

3.2. Estimativa da precipitação efetiva

Para o cálculo da precipitação efetiva foi utilizado o *software CROPWAT*, versão 8.0, o qual foi desenvolvido por Smith (1992) com a finalidade de se estimar as necessidades de irrigação das culturas. Dentro de sua plataforma escolheu-se para o presente trabalho o método proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Patwardhan et al. (1990) citam que o método elaborado pelo USDA foi baseado em balanços hídricos climatológicos com médias de dados climáticos de 50 anos de observações em 22 localidades dos Estados Unidos.

De acordo com o “USDA Conservation Service Method”, a precipitação efetiva foi estimada com base nas seguintes equações:

$$P_{eff} = P_{tot} (125 - 0,2P_{tot})/125 \quad \text{Se } P_{tot} < 250\text{mm e;} \quad (1)$$

$$P_{eff} = 125 + 0,1P_{tot} \quad \text{Se } P_{tot} > 250\text{mm} \quad (2)$$

em que:

P_{eff} = Precipitação efetiva e;

P_{tot} = Precipitação total;

3.3. Estimativa da deficiência hídrica

Estimados os valores de precipitação efetiva, o primeiro passo antes de gerar a deficiência hídrica através do balanço hídrico climatológico foi a definição da capacidade de armazenamento de água (CAD). De acordo com Vianello e Alves (2012) a capacidade de campo que corresponde a capacidade máxima de armazenamento de água pelo solo e a taxa de utilização da umidade do solo para evapotranspiração passaram a depender da profundidade, do tipo e da estrutura do solo. Os mesmos autores definem então a CAD como um fator dependente da profundidade de exploração efetiva da raiz da planta, e de algumas propriedades físicas do solo como capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

No presente trabalho a equação para definição da CAD utilizada foi a proposta pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) segundo Allen et al. (1998) conforme a equação abaixo:

$$CAD = 1000(CC - P_mP)Z_r \quad (3)$$

em que:

CAD = capacidade de água disponível;

CC = capacidade de campo;

P_mP = ponto de murcha permanente e;

Z_r = profundidade efetiva da raíz.

Na Tabela 2 são apresentados segundo Allen et al. (1998) os valores de profundidade efetiva da raíz (Z_r) para culturas tropicais e árvores na qual se enquadra o cafeeiro:

Tabela 2. Profundidade efetiva da raíz para culturas tropicais e Árvores

Cultura	Profundidade máxima da raíz	Valores	
		menores	maiores
	----- m -----		
Banana – 1º Ano	0,5 – 0,9	0,5	0,9
– 2º Ano	0,5 – 0,9	0,5	0,9
Cacau	0,7 – 1,0	0,7	1
Café	0,9 – 1,5	0,9	1,5
Date Palm	1,5 – 2,5	1,5	2,5
Palmeiras	0,7 – 1,1	0,7	1,1
Ananás	0,3 – 0,6	0,3	0,6
Seringueiras	1,0 – 1,5	1	1,5

Em seguida foram considerados para o cálculo da capacidade de armazenamento de água os valores de capacidade de campo e de ponto de murcha permanente para solos com textura arenosa, média e argilosa (fina) definidos por Allen et al. (1998) conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Capacidade de campo e ponto de murcha permanente para solos com diferentes texturas

Textura	CC	P _m P	CC – P _m P	Valores	
				Menores	Maiores
	----- m ³ /m ³ -----			----- m ³ /m ³ -----	
Arenosa	0,07 – 0,17	0,02 – 0,07	0,05 – 0,11	0,05	0,11
Franco Arenosa	0,11 – 0,19	0,03 – 0,10	0,06 – 0,12	0,06	0,12
Argilosa Arenosa	0,18 – 0,28	0,06 – 0,16	0,11 – 0,15	0,11	0,15
Arenosa Fina	0,20 – 0,30	0,07 – 0,17	0,13 – 0,18	0,13	0,18
Siltosa Argilosa	0,22 – 0,36	0,09 – 0,21	0,13 – 0,19	0,13	0,19
Média	0,28 – 0,36	0,12 – 0,22	0,16 – 0,20	0,16	0,20
Siltosa Argilosa Fina	0,30 – 0,37	0,17 – 0,24	0,13 – 0,18	0,13	0,18
Siltosa Argilosa	0,30 – 0,42	0,17 – 0,29	0,13 – 0,19	0,13	0,19
Fina	0,32 – 0,40	0,20 – 0,24	0,12 – 0,20	0,12	0,2

Levando-se em consideração os valores de profundidade efetiva da raiz, os valores de capacidade de campo e de ponto de murcha permanente, por meio da equação três chegou-se aos valores de CAD apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de capacidade de armazenamento de água, diferença entre capacidade de campo e ponto de murcha permanente e profundidade efetiva da raiz do cafeeiro

CAD					
Textura Arenosa		Textura Média		Textura Argilosa	
média mínima	média máxima	média mínima	média máxima	média mínima	média máxima
----- mm -----		----- mm -----		----- mm -----	
45	165	144	300	108	300
CC - PmP					
média mínima	média máxima	média mínima	média máxima	média mínima	média máxima
----- m -----		----- m -----		----- m -----	
0,05	0,11	0,16	0,2	0,12	0,2
Z_r					
média mínima	média máxima	média mínima	média máxima	média mínima	média máxima
----- m -----		----- m -----		----- m -----	
0,9	1,5	0,9	1,5	0,9	1,5

Foi considerada a CAD de 125 mm, que está de acordo com Assad et al (2001) e Sedyama et al. (2001).

Com o uso de planilha eletrônica foi realizado o cálculo do BHC para todos os municípios de Angola e mais dez regiões limítrofes. Todos os mapas temáticos foram elaborados utilizando-se o sistema de coordenadas geográficas, *Datum* WGS-84 com matrizes espaciais de 90 metros de resolução.

Previamente foram analisados vários interpoladores para avaliar qual representaria melhor os fenômenos aqui estudados. Optou-se pelo método Krigagem Simples, o qual apresentou melhores resultados estatísticos associado aos ajustes das variáveis.

Com base nos mapas de aptidão da temperatura e da deficiência hídrica anual (considerando a precipitação efetiva e precipitação total) para café arábica e robusta em Angola foi realizado o zoneamento agroclimático para o café no território angolano.

3. 4. Aptidão Agroclimática

As categorias de aptidão foram determinadas com base em vários trabalhos desenvolvidos no âmbito das exigências climáticas e hídricas do cafeeiro, ao nível de Angola, do Brasil e do Mundo, Tabela 5.

Com base nos trabalhos desenvolvidos por Alègre (1959), Camargo (1977), Clifford e Willson (1985), Instituto Brasileiro do Café (1986), Coste (1989), Matiello (1991), Sedyama et al. (1999), Carr (2001), Pohlan e Janssens (2012), foram definidos para o presente trabalho os limites de temperatura média anual os quais são apresentados na Tabela 6:

Para se estimar a quantidade de água disponível para as plantas de café utilizou-se o balanço hídrico climatológico que forneceu valores da deficiência hídrica, sendo esse elemento o mais crucial pois, de acordo com Schwanz et al. (1996), a deficiência hídrica é responsável por aproximadamente 56% das quedas de produtividade no cafeeiro seguida do excedente hídrico.

Tabela 5. Classificação da aptidão da temperatura média anual e deficiência hídrica para o cafeeiro de acordo com vários autores

Autores	Aptidão Térmica (°C)			Aptidão Hídrica (mm)			Local		
	Apto	Marginal	Inapto	Apto	Marginal	Inapto			
Alègre (1959), Camargo (1977), Coste (1989) e Carr (2001)	Arábica	18 – 22	22 – 23	> 23	Cafeeiro	< 150	150 < e < 200	> 200	Brasil
	Robusta	22 – 26	> 27	--					
Clifford e Wilson (1985)	Arábica	15 – 24	--	--	Arábica	--	--	--	Quênia
	Robusta	24 – 30	--	--	Robusta	--	--	--	
Instituto Brasileiro do Café (1986)	Arábica e Robusta	18 – 22	22 – 23	> 23 e < 18	Cafeeiro	< 150	150 – 200	> 200	Brasil
Matiello (1991)	Arábica	18,0 – 22,5	22,5 – 24,0	< 18,0 e > 24,0	Arábica	< 150	150 – 200	> 200	Brasil
	Robusta	22,5 – 24,0	20,0 – 22,5	< 20,0 e > 24,0	Robusta	< 200	200 – 400	> 400	
Sedyama et al. (1999)	Arábica	18 – 23,5	--	< 18 e > 24	Arábica	< 150	--	> 150	Minas Gerais -
	Robusta	--	--	--	Robusta	--	--	--	
Assad et al. (2001)	Arábica	18 - 23	--	--	Arábica	< 150	--	--	Goiás e Bahia -
	Robusta	--	--	--	Robusta	--	--	--	
Pohlan e Janssens (2012)	Arábica	18 – 22	--	--	Arábica	--	--	--	Regiões Tropicais
	Robusta	22 – 30	--	--	Robusta	--	--	--	

Tabela 6. Faixas de aptidão de temperatura média anual para café arábica e café robusta

Aptidão	Café arábica	Café robusta
	----- °C -----	
Inapta por frio	< 17	< 21
Marginal por frio	17 - 18	21 – 22
Apta	18 - 23	22 – 26
Marginal por calor	23 - 24	26 – 28
Inapta por calor	> 24	> 28

Foi elaborado o quadro de aptidão da deficiência hídrica anual para o café arábica e robusta de acordo com os limites utilizados por Alègre (1959), Camargo (1977), Coste (1989) e Carr (2001), Tabela 7.

Tabela 7. Faixas de aptidão da deficiência hídrica anual para café arábica e café robusta

Aptidão	Café arábica	Café robusta
	----- mm -----	
Apta	< 150	< 150
Marginal	150 - 200	150 – 200
Inapta	> 200	> 200

São apresentados na Tabela 8 as diferentes classes de aptidão utilizadas para o presente zoneamento em: áreas aptas, áreas marginais, áreas aptas com restrição hídrica, áreas aptas com restrição térmica e áreas inaptas.

Tabela 8. Classes de aptidão para o zoneamento agroclimático de café arábica e robusta em Angola

Classes de aptidão	Caracterização
Áreas aptas	Aquelas cujas condições climáticas se apresentam mais propícias para o desenvolvimento da cultura cafeeira, possuindo elevado potencial de produção e baixo risco climático.
Áreas marginais	Áreas nas quais existem possibilidades de se produzir comercialmente o café, mas com riscos climáticos mais elevados em relação às áreas aptas.
Áreas aptas com restrição hídrica	São áreas cujas condições climáticas permitem o cultivo do café, porém de forma marginal. Para essas áreas é indispensável o uso de irrigação suplementar.
Áreas aptas com restrição térmica	São áreas cujas condições climáticas permitem o cultivo do café, porém de forma marginal. No caso de regiões cujas temperaturas encontram-se acima dos limites considerados limites para exploração cafeeira, recomenda-se a produção da cultura, mas com uso de técnicas que visam minimizar a temperatura que atinge a copa do cafeeiro, tais como o sombreamento com árvores de grande porte, entre outras. Para regiões com restrição térmica decorrente da predominância da ocorrência de temperaturas abaixo dos limites estabelecidos, recomenda-se o plantio de lavouras em locais com as faces orientadas para o Norte, uma vez que essas recebem maior número de horas de incidência de radiação solar.
Áreas inaptas	São regiões que apresentam temperaturas muito baixas, ou muito elevadas em relação aos limites estabelecidos, ou apresentam deficiências hídricas bastante elevadas para recomendação de plantios de cafeeiros para exploração comercial.

Considerando a influência dos elementos climáticos nas diferentes espécies de café, foram definidos os seguintes parâmetros para estabelecer as limitações climáticas da cultura cafeeira em Angola:

Café arábica

As regiões que apresentam temperatura média anual variando entre 18,0 e 23,0 °C, são consideradas favoráveis à cafeicultura sem restrição térmica. O limite inferior da faixa térmica considerada apta à cafeicultura é então 18,0°C, ou seja, abaixo desse limite a planta experimenta a deficiência térmica, que implica na redução da produção, tornando-se, assim, a área marginal a inapta para cultivo comercial.

Regiões com temperatura média anual (T_a) acima de 23,0 °C até 24,0 °C, são consideradas como o limite superior termicamente favoráveis à cafeicultura quando for feito o uso de sombreamento ou irrigação, e abaixo de 18,0 °C até 17,0 °C são considerados como limite inferior marginal para o cultivo.

Segundo Sedyama et al (2001), acima desse limite, a faixa é considerada restrita a inapta, decorrente, principalmente, das reduções provocadas na produtividade dos cafeeiros pelas elevadas temperaturas na época de florescimento, restringindo a frutificação.

Independente das condições físicas do solo, são consideradas restritas as regiões que apresentam baixa capacidade de armazenamento de água em que as deficiências hídricas estimadas com base na temperatura média mensal, na precipitação e evapotranspiração, excedam 150 mm, ou são consideradas inaptas quando o valor for superior a 200 mm, tanto para a cultura do cafeeiro arábica quanto o robusta.

Café robusta

As regiões que apresentam temperatura média anual variando entre 22,0 e 26,0 °C, são consideradas favoráveis à cafeicultura para a variedade robusta. O limite inferior da faixa térmica considerado apto à cafeicultura é então 22,0 °C, ou seja, abaixo desse valor a cultura experimenta a deficiência térmica, que reduz a produção, tornando-se, assim, a área restrita a inapta para cultivo comercial.

Segundo Santinato et al. (1996), temperaturas inferiores a 18,0 e 22,0 °C para as espécies de café arábica e robusta, respectivamente, favorecem a exuberância vegetativa e baixa diferenciação floral, com consequentes baixos níveis produtivos, além de sintomas típicos de “crestamento” foliar no período de inverno, associados a ventos dominantes. Os mesmos autores afirmaram, ainda, que temperaturas superiores a 23,0 e 26,0 °C, para as espécies de café arábica e robusta, respectivamente, associadas à seca na época do florescimento, podem favorecer o abortamento floral e a formação de “estrelinhas”, diminuindo consideravelmente a produtividade.

3.5. Elaboração do Zoneamento Agroclimático

Inicialmente foram reunidos e analisados os dados de temperatura média anual para todo o território de Angola, em seguida os dados foram reclassificados de acordo com os limites das classes de aptidão da cultura. Após a reclassificação com o uso das ferramentas disponíveis no software ARCMAP versão 10.1 os dados de temperatura foram combinados com os dados de deficiência hídrica para a elaboração do mapa do Zoneamento agrícola para o café em Angola.

O Fluxograma das etapas que culminaram com a delimitação de regiões com potencialidades climáticas consideradas aptas, marginais e inaptas para exploração cafeeira em Angola, estão representadas nas Figuras 10 e 11.

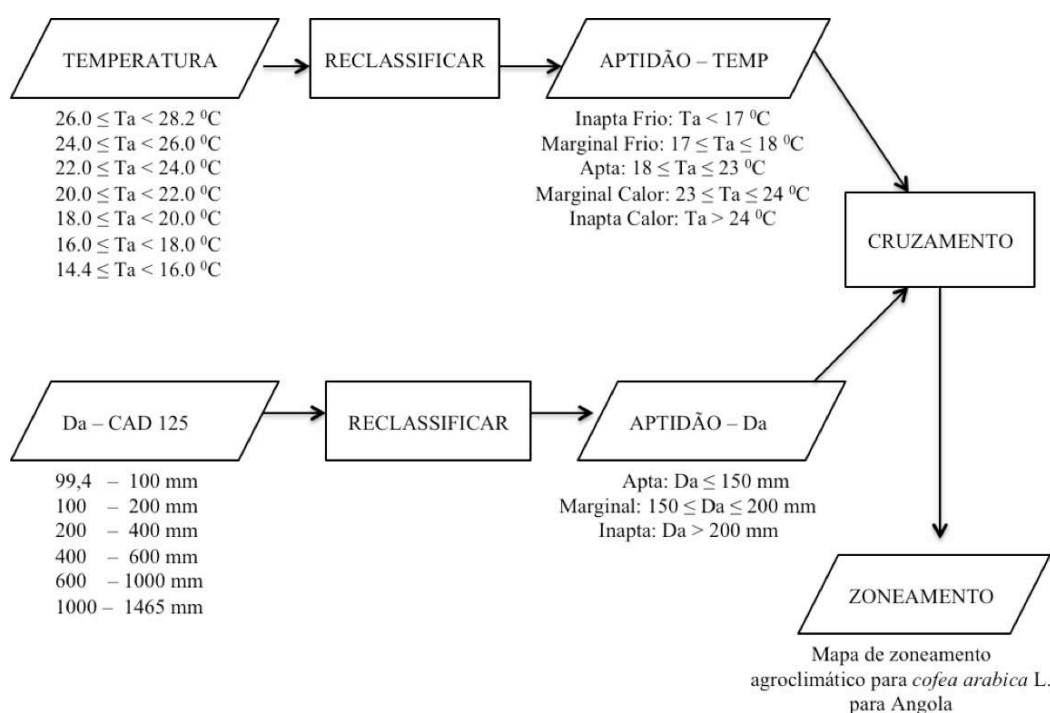


Figura 10. Fluxograma representativo das etapas consideradas para obtenção do mapa de zoneamento para café arábica em Angola, em que: Ta: temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$); CAD: capacidade de armazenamento de água e Da: deficiência hídrica anual (mm).

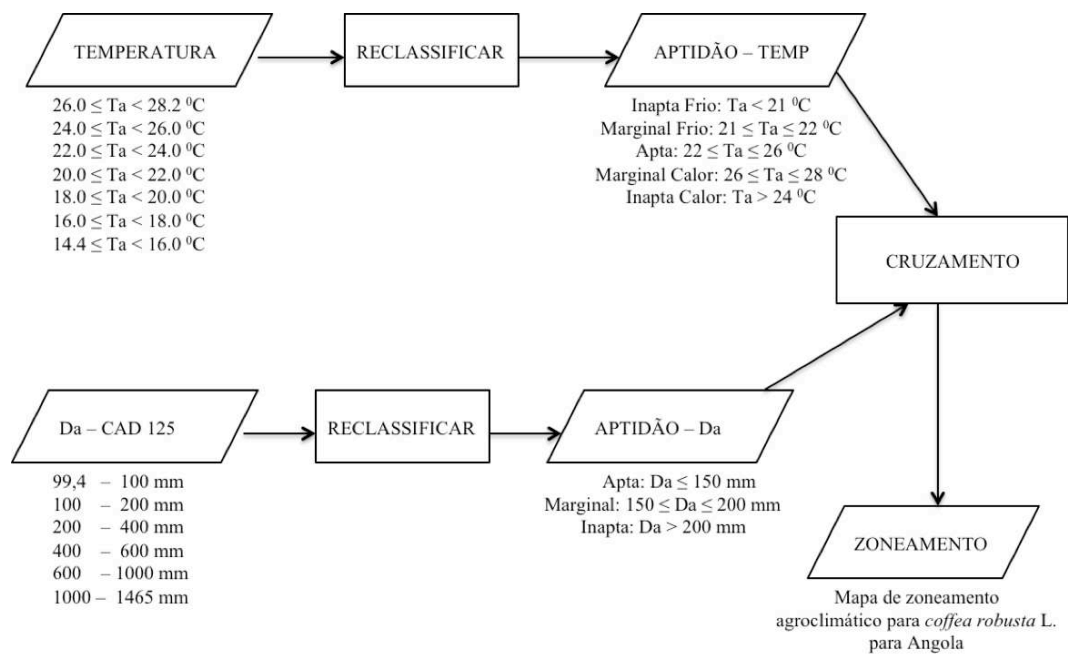


Figura 11. Fluxograma representativo das etapas consideradas para obtenção do mapa de zoneamento para café robusta em Angola, em que: Ta: temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$); CAD: capacidade de armazenamento de água e Da: deficiência hídrica anual (mm).

4. Resultados e Discussão

Foi elaborado o mapa hipsométrico para Angola (Figura 12). Nele pode-se observar com base na escala cromática que, a faixa costeira atlântica apresenta, quase na sua totalidade, elevação do terreno que vão desde o nível do mar até 200 metros de altitude. Para a cafeicultura do arábica essa faixa de altitude é considerada baixa e portanto não recomendada para o cultivo.

Ainda com relação a altitude seguindo-se em direção da parte central do continente, após a faixa litorânea, é possível identificar o grande desnível do terreno, formado por cadeias marginais de montanhas com altitudes variando entre 600 a 1.200 metros, até alcançar o extenso planalto que domina a região central do país chegando ao extremo Leste, na fronteira com a Zâmbia e a República Democrática do Congo. Nas províncias de Huíla e Huambo pode ser observado que é nelas onde se localizam as áreas de maior altitude do país, sendo que na província de Huambo fica localizado o pico do “Morro do Moco” que é o mais alto de Angola com altitude de 2.620 metros. Nessas províncias o fator altitude favorece o cultivo do café arábica.

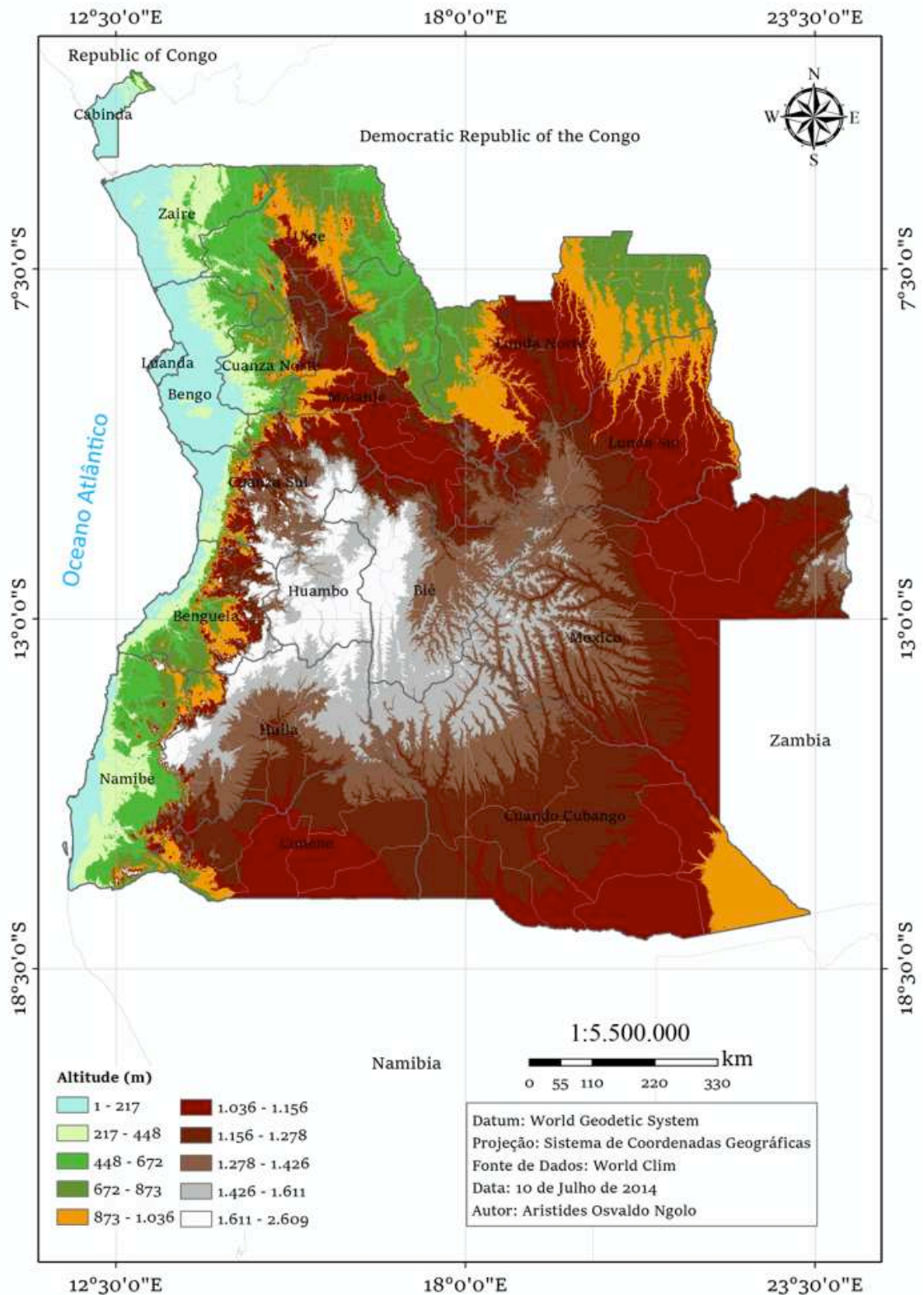


Figura 12. Mapa hipsométrico de Angola.

Carvalho (1946) cita que algumas variedades da espécie canéfora podem ser encontradas, no estado espontâneo, em regiões de florestas tropicais que ocorrem até acima de 1.300 m no território angolano. Tais condições são normalmente encontradas

nas latitudes próximas ao equador tais como na região Noroeste de Angola na província de Uíge.

Em relação ao clima é possível observar que (Figura 13) Angola apresenta duas estações climáticas bem definidas, sendo uma chuvosa, de outubro a abril, e outra considerada “seca”, de maio a setembro, tal que nos meses de junho a agosto a precipitação é quase nula.

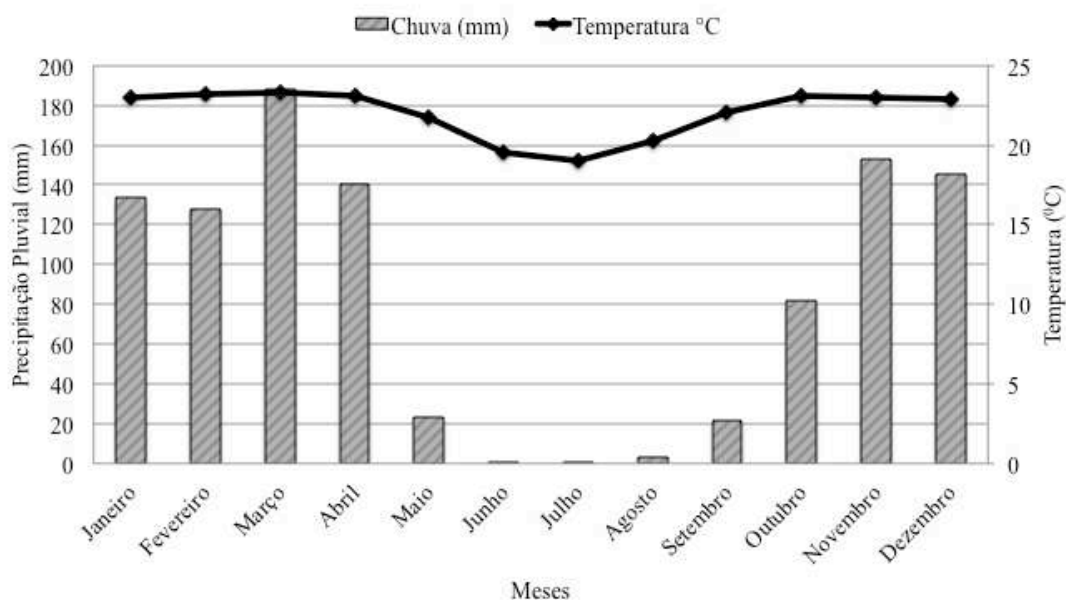


Figura 13. Valores médios representativos da variação da temperatura média mensal do ar e da precipitação pluviométrica ao longo de 50 anos (1950 – 2000).

No gráfico ombrotérmico (Figura 13) verifica-se que março é o mês com os maiores volumes de chuva durante todo o ano, possivelmente devido a presença da Zona de Convergência Intertropical (Figura 1) que no verão posiciona-se justamente sobre o território de Angola.

A temperatura média em Angola não varia muito ao longo do ano. A amplitude térmica em média é de 4 °C entre julho, o mês mais frio, e março, abril e setembro, que são os meses onde ocorrem os maiores valores médios da temperatura atmosférica (Figura 13).

Analisando a variação das temperaturas médias ao longo do território angolano (Figura 14), verifica-se que a medida que a altitude vai aumentando na região mais central do país onde são encontrados os menores valores de temperatura média. Verifica-se também que as temperaturas médias anuais para Angola apresentam conformidade com a variação da altitude, sendo os menores valores de temperaturas favoráveis ao cultivo do café arábica, em torno de 19 °C encontrados nas regiões mais elevadas do país (acima de 1.000 m).

Em relação aos maiores valores de temperatura (acima de 24 °C), estes são encontrados nas regiões de baixas altitudes (abaixo de 400 m) próximo do litoral, na região Noroeste do país, sendo essa região influenciada tanto pelas baixas altitudes (Figura 12) quanto pela maior proximidade da região equatorial, onde as temperaturas médias mensais são mais elevadas e variam menos ao longo do ano, tornando a região mais favorável ao cultivo da variedade robusta.

Com base na faixa de temperatura considerada apta para o cultivo do café arábica foi elaborado o mapa de aptidão térmica para o território angolano (Figura 15).

Pode ser observado na Figura 15 que, do ponto vista térmico a maior parte do território angolano encontra favorabilidade para cultivo do café arábica, sendo a região de planalto, mais ao centro do país, cujas altitudes encontram-se acima dos 1.000 metros, aquelas que apresentam maior aptidão para cultivo do arábica, devido, provavelmente, a ocorrência de temperaturas mais amenas condicionadas pelas maiores altitudes, conforme ilustrado na Figura 12.

As regiões com ocorrência de temperaturas abaixo de 17 °C, consideradas inaptas por frio para o café arábica, encontram-se nas áreas de altitudes mais elevadas, acima de 2.000 metros de altitude. Todavia, essas áreas são pouco significativas pois representam menos de 1 % da superfície do país, fato este que sugere haver pouca limitação do cultivo do arábica pela ocorrência de geadas.

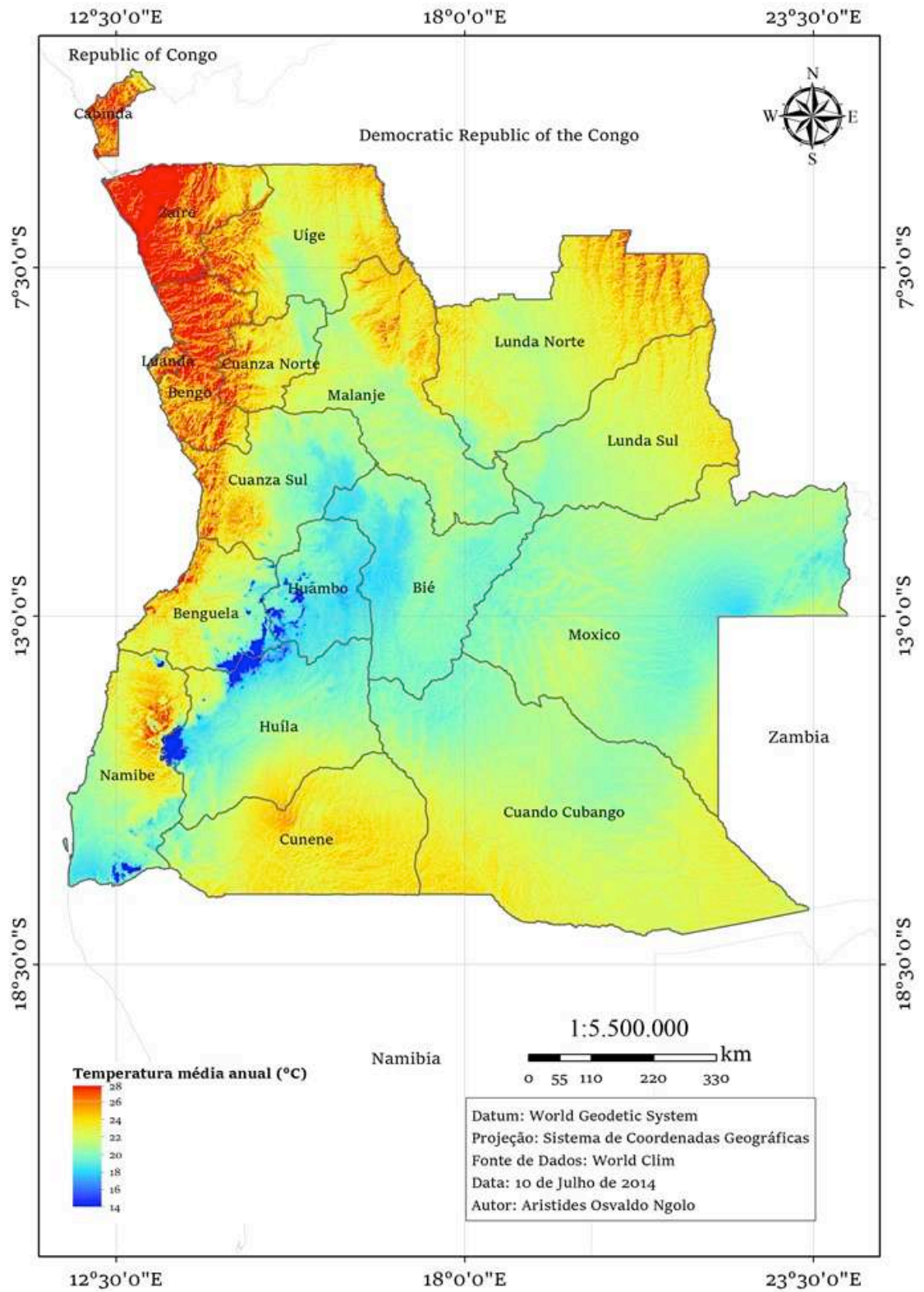


Figura 14. Temperatura média do ar anual para Angola.

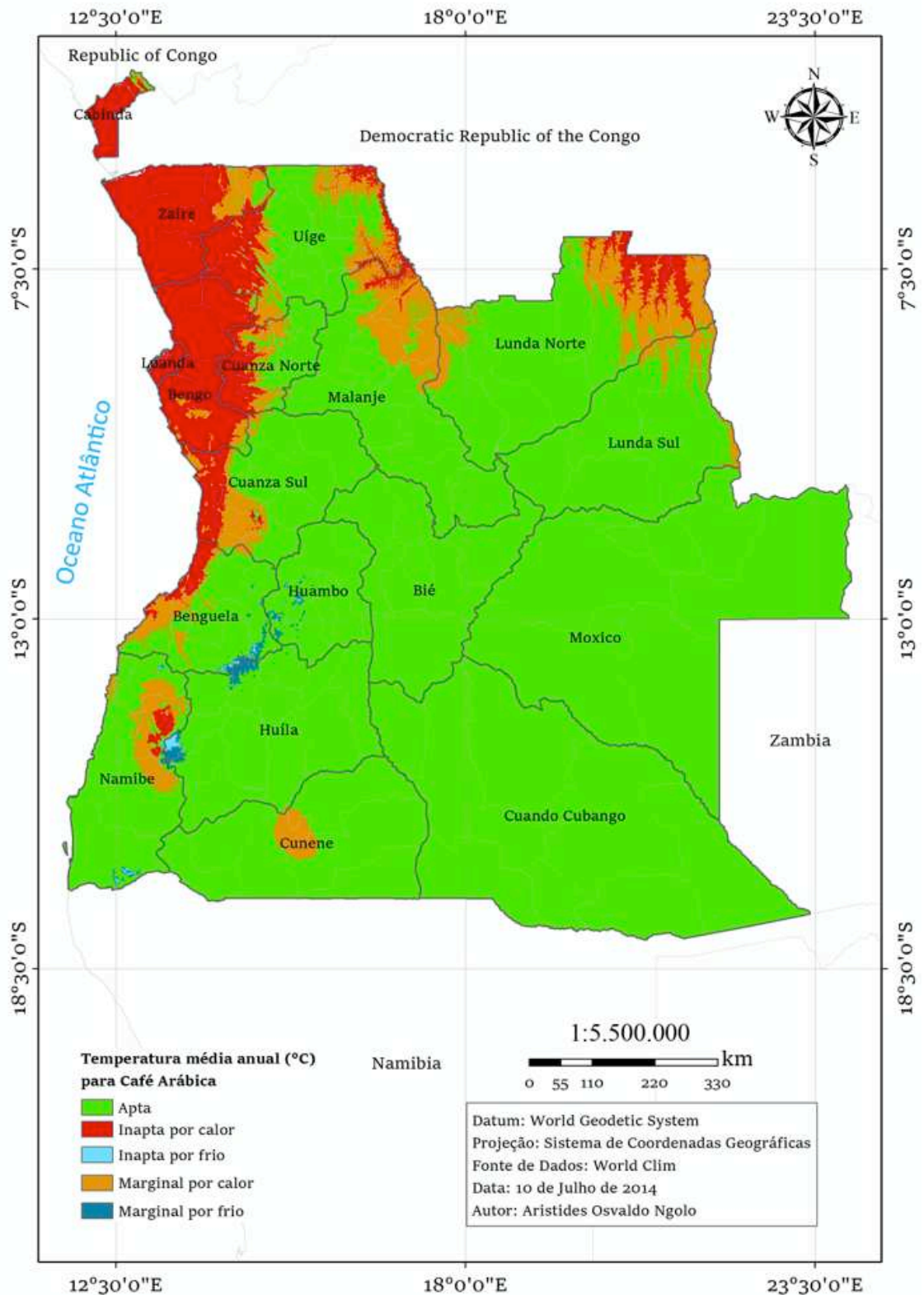


Figura 15. Mapa de aptidão térmica para café arábica em Angola.

Temperaturas acima dos limites para cultivo do café arábica são frequentemente encontradas nas regiões à Noroeste de Angola onde são encontradas as áreas com menores altitudes e mais próximas ao equador (Figura 14).

Com base na Figura 16, na qual são apresentados os percentuais das distintas classes de aptidão para o cultivo do café arábica, pode ser observado que 82,36% do território angolano que corresponde a 996.071 km² da área do país, apresenta aptidão, considerando o regime térmico, para o cultivo do café arábica.

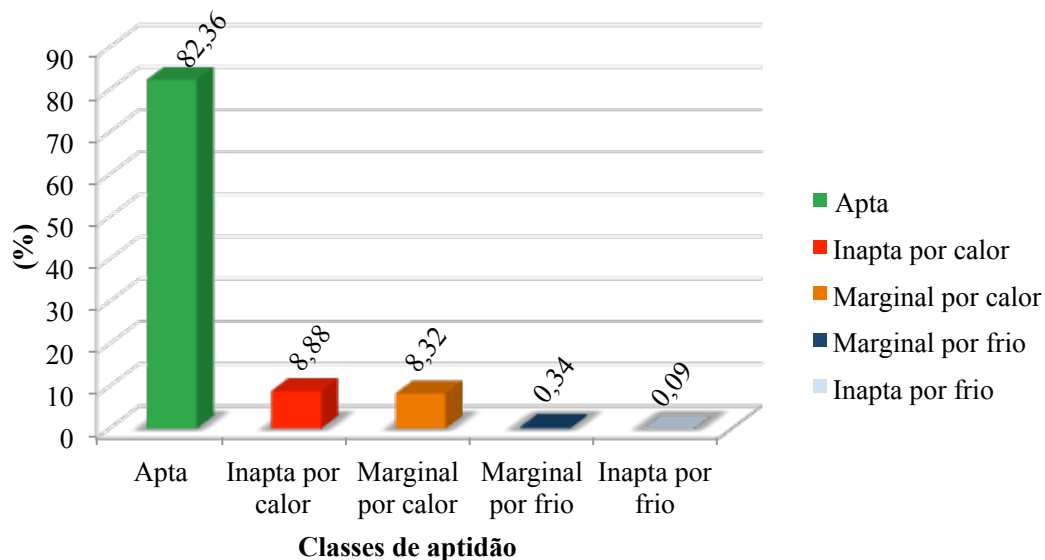


Figura 16. Aptidão térmica para café arábica em Angola.

As classes marginal por calor e inapta por calor representam respectivamente 8,32% e 8,88% do território angolano. As classes inaptas por frio, e marginais por frio que correspondem às faixas com médias térmicas anuais inferiores a 17 °C e 18 °C respetivamente, representam aproximadamente 0,4 % do território de Angola.

Com base na faixa de aptidão térmica para o cultivo do café robusta foi elaborado o mapa apresentado na Figura 17. Nela pode-se observar que as áreas favoráveis para cultivo do café robusta, que é uma espécie mais adaptada às temperaturas elevadas, são encontradas nas regiões de baixas altitudes, localizadas mais ao Norte do país, desde a província de Cabinda, parte do Zaire e do Uíge, região de fronteira entre Cuanza Norte e Lunda Norte e Lunda Sul, na porção Nordeste de Angola; bem como ao longo da faixa litoral do país até a porção Norte da província de Namibe, e também adentrando para o continente, nas províncias de Cunene e parte Sudoeste da província de Cuando Cubango ao Sul do território angolano.

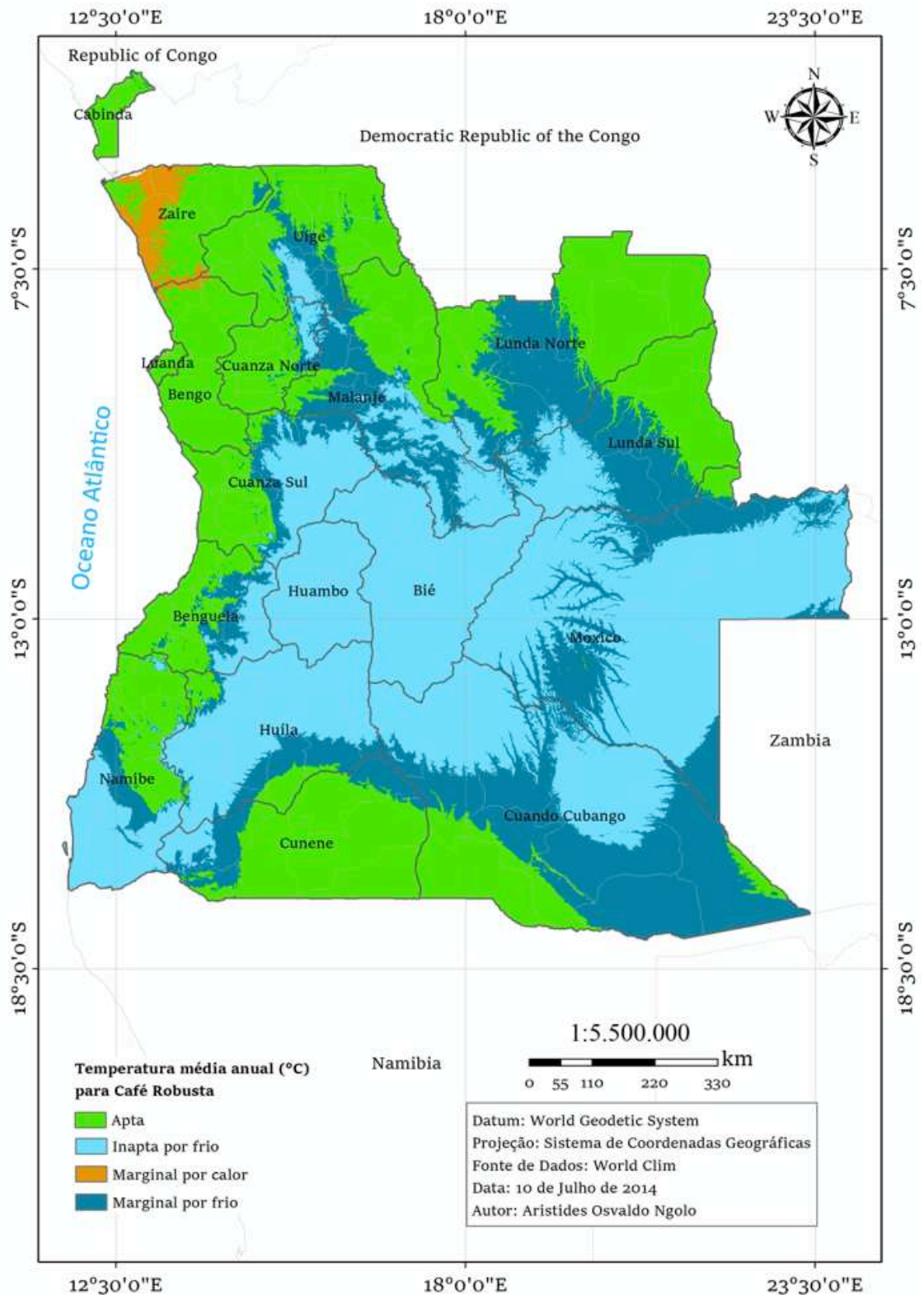


Figura 17. Mapa de aptidão térmica para café robusta em Angola.

Na mesma figura observa-se também a grande variação na aptidão térmica a medida que o relevo vai sendo modificado entre a região litorânea e a região planáltica, sendo que nas regiões de altitudes mais elevadas o café robusta não encontra aptidão térmica, devido as baixas temperaturas.

As regiões planálticas de Angola se revelam como as principais limitadoras para o cultivo do café robusta, quando considerada a faixa de temperatura média recomendada, confirmando o exposto por Ferrão et al. (2007) e Matiello (1991) de que o café robusta se adapta melhor às regiões úmidas e de baixas altitudes.

É possível verificar (Figura 18) que as faixas consideradas aptas para cultivo do robusta, do ponto de vista térmico, representam 34%, que corresponde a área de 416.220,82 km² do território angolano. Outras classes representativas são as classes marginais por frio que correspondem a 24,97 % da região estudada. A classe inapta por frio abrange grande área do país correspondente a 302.034,36 km² limitação imposta pelas elevadas altitudes no interior do território que condicionam temperaturas abaixo dos limites considerados propícios para o bom crescimento do robusta.

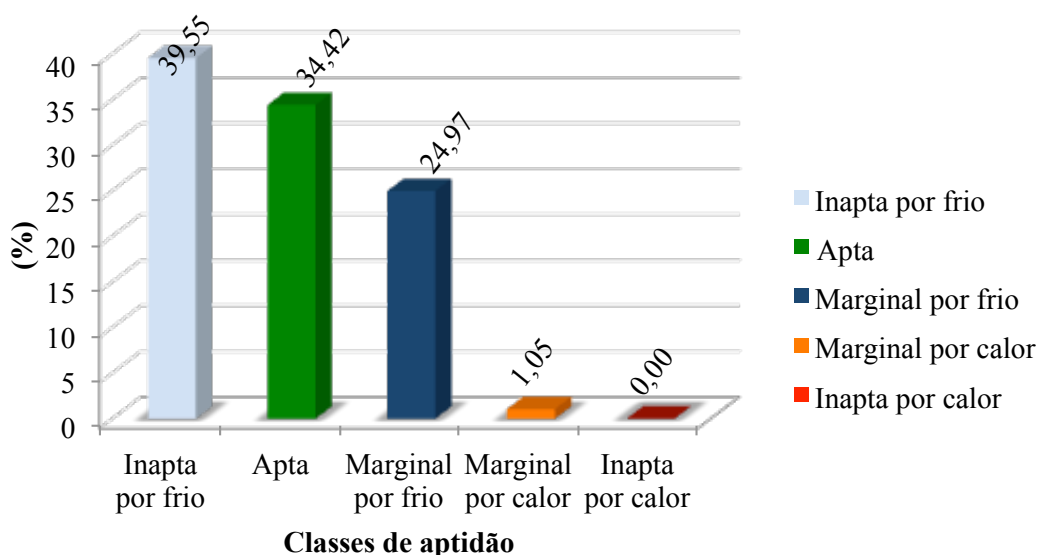


Figura 18. Aptidão térmica para café robusta em Angola.

4.1. Zoneamento para o café em Angola com base na precipitação efetiva

Com base nos resultados do balanço hídrico climatológico, realizado com os dados de precipitação efetiva, elaborou-se o mapa de deficiência hídrica anual considerando 150 mm como valor limite para aptidão hídrica da cultura do café (Figura 19). Nela pode-se observar que quando analisadas as áreas de aptidão considerando o déficit hídrico para o cultivo do cafeeiro arábica e robusta, apenas uma pequena área, 1 % (Tabela 9), localizada ao Norte de Lunda Norte surge como apta ao cultivo do café no país. Deste modo, quando comparadas as áreas de aptidão térmica (Figuras 15 e 17) e hídrica (Figura 19) para o cultivo de café em Angola, pode ser observado que as condições hídricas são mais limitantes para cultura de café no território angolano.

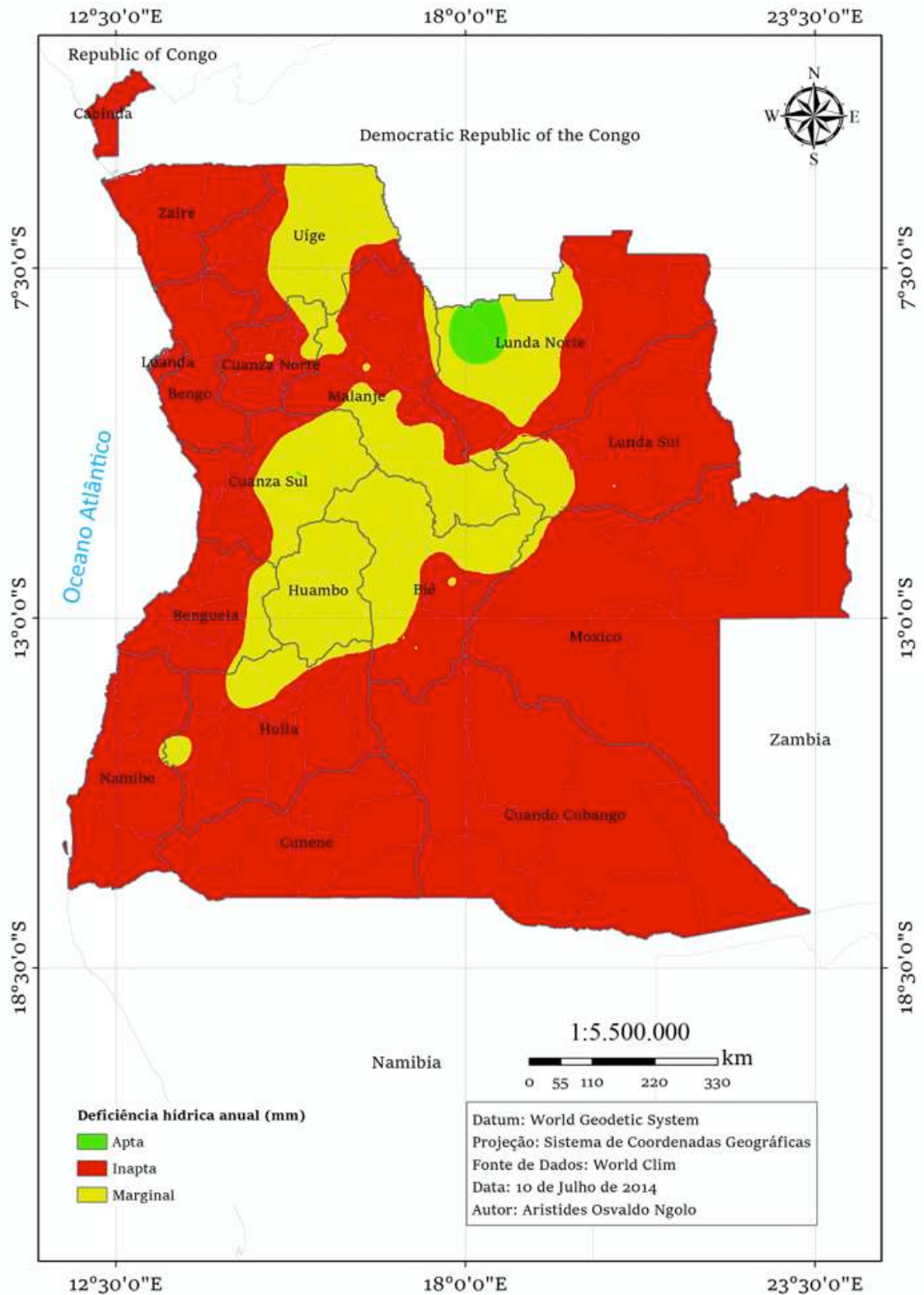


Figura 19. Distribuição da deficiência hídrica anual em (mm) para o café arábica e robusta em Angola utilizando-se dados de precipitação efetiva.

Nos locais com deficiências hídricas classificados como regiões “Marginais” recomenda-se o uso de irrigação no sistema de produção principalmente nos anos

considerados de baixa pluviosidade. Tal ação é necessária para minimizar os efeitos adversos provocados pelo déficit hídrico, tornando assim essa área marginal possível de alcançar produção suficiente conforme preconizam os programas do ministério da agricultura.

Tabela 9. Extensão da aptidão por área para as duas espécies em estudo utilizando valores de precipitação efetiva

Aptidão	Café arábica		Café robusta	
	----- km ² -----	----- % -----	----- km ² -----	----- % -----
Inapta	955.722,33	79,02	1.102.758,05	91,18
Apta	6.966,07	0,58	6.412,39	0,52
Marginal	246.676,36	20,40	100.194,32	8,30
Total	1.209.364,76	100,00	1.209.364,76	100,00

Com base nos mapas de aptidão da temperatura e da deficiência hídrica anual (considerando a precipitação efetiva) para o café arábica em Angola, foi realizado o zoneamento agroclimático para o café arábica no território angolano (Figura 20).

Pode ser observado (Figura 20) que a região central do país incluindo a província do Huambo, uma pequena área na parte Oeste, e uma área mais ao Norte da Huíla, o Leste de Benguela, quase totalidade da província do Bié, a parte central e Leste do Cuanza Sul, a parte Sul da província de Malanje, a quase totalidade da província do Uíge e Lunda Norte; apresentam áreas marginais para cultivo do café arábica. A região com total aptidão para cultivo dessa espécie, está localizada em uma pequena área ao norte da província de Lunda Norte. As demais áreas do território angolano apresentam-se inaptas para cultivo do arábica.

Devido a característica dos produtores de café em Angola serem na quase totalidade (98 %) classificados como de agricultura familiar (INCA, 2013) o cultivo do café nas áreas classificadas como marginais com a adoção de um sistema de irrigação complementar podem impulsionar a produção de café no país.

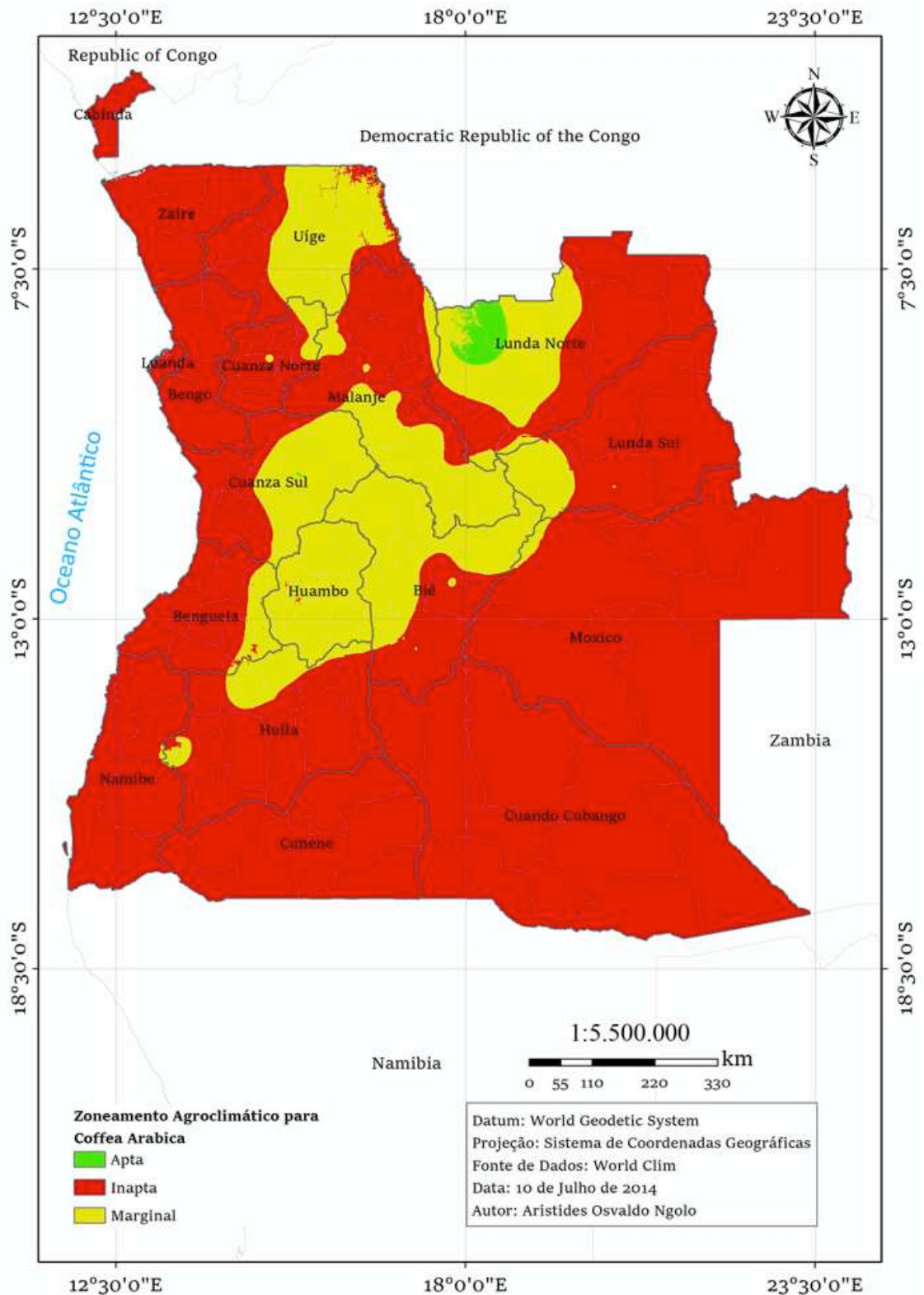


Figura 20. Zoneamento agroclimático para café arábica em Angola baseado nos mapas de aptidão da temperatura e da deficiência hídrica anual com base na precipitação efetiva.

Pode ser observado (Figura 21) que as áreas aptas e marginais favoráveis ao cultivo do café robusta são bastante reduzidas, quando comparadas as áreas resultantes do zoneamento realizado para o café arábica (Figura 20).

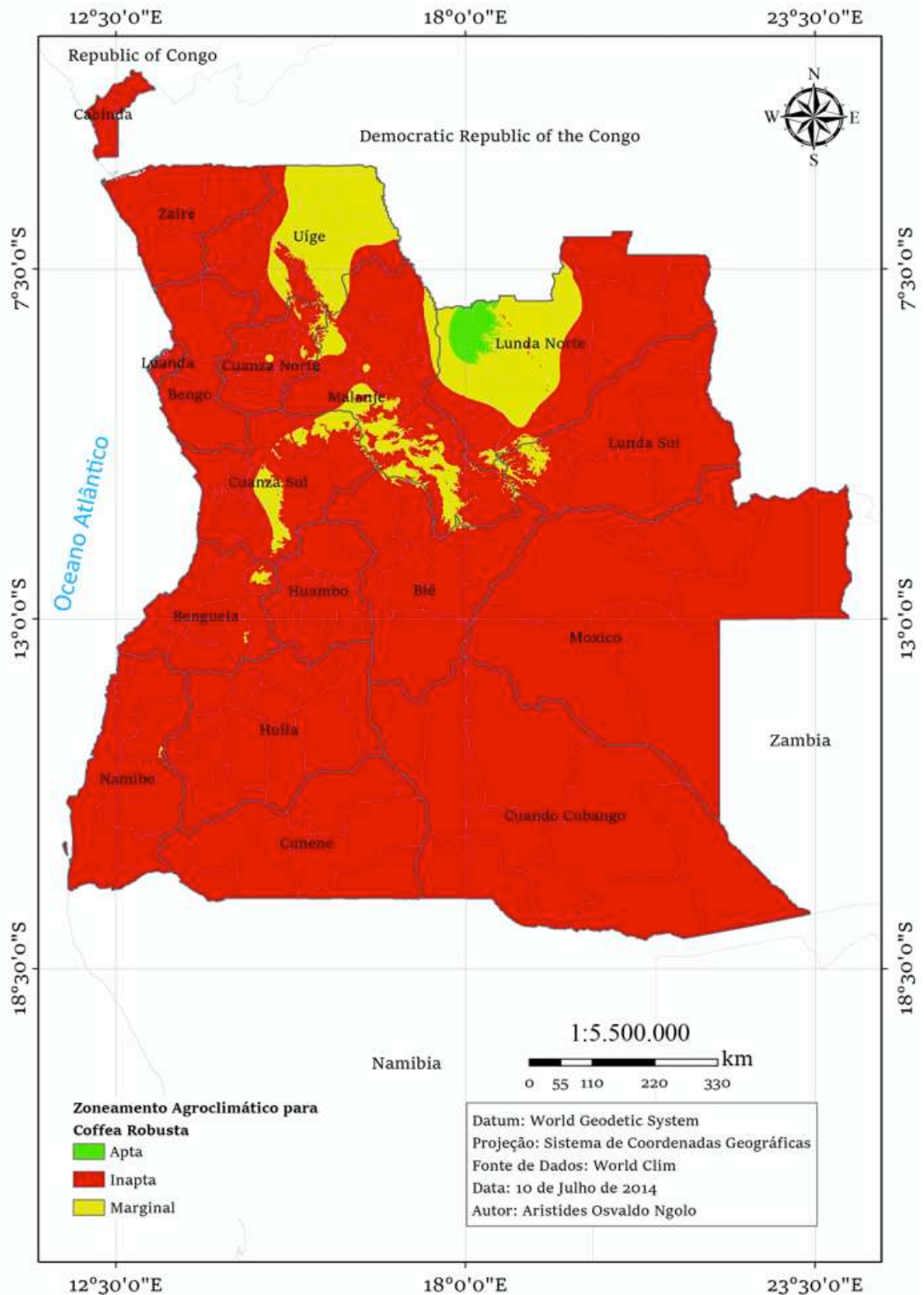


Figura 21. Zoneamento agroclimático para café robusta em Angola baseado nos mapas de aptidão da temperatura e da deficiência hídrica anual utilizando dados de precipitação efetiva.

Esse fato deve-se, principalmente, as temperaturas mais amenas as quais estão diretamente associada as regiões de altitudes elevadas do território angolano que favorecem maior aptidão para o café arábica. Assim, somente uma pequena região na

porção Noroeste de Lunda Norte apresenta aptidão hídrica e térmica favorável para cultivo do café robusta. A porção Leste da província do Uíge, onde as médias térmicas anuais são acima de 22 °C (Figura 14), também apresentam aptidão, embora marginal, para o cultivo do robusta.

O uso de técnicas de irrigação ou sombreamento podem ser consideradas práticas indispensáveis para o aumento das potencialidades de cultivo do café robusta nessa região.

4.2. Zoneamento para o café em Angola com base na precipitação total

Os mapas da aptidão térmica (Figuras 15 e 17), utilizados para o zoneamento do café em Angola estimado com base na precipitação efetiva, foram utilizados para a realização do zoneamento com base na precipitação total, o qual apresentou como resultado maior área de aptidão quando comparados em termos de extensão.

Pode-se observar que, quando comparadas, as áreas de aptidão hídrica obtidas a partir dos valores da precipitação total (Figura 22), seguem padrões semelhantes aos das áreas de aptidão hídrica obtidas a partir dos valores da precipitação efetiva (Figura 19), sendo que as áreas de aptidão hídrica obtidas a partir dos valores da precipitação total são superiores aquelas calculadas com base na precipitação efetiva.

Com base nos resultados do balanço hídrico climatológico, realizado com os dados de precipitação total, elaborou-se o mapa de deficiência hídrica anual considerando como 150 mm o valor limite para aptidão do café (Figura 22).

Pode ser observado na Figura 22 que as áreas de aptidão baseadas na deficiência hídrica anual estimada com base nos valores de precipitação total apresentam diferentes configurações quando comparadas as áreas de deficiência hídrica anual estimadas com base nos valores de precipitação efetiva.

No mapa de zoneamento para café arábica obtido utilizando-se valores de precipitação total (Figura 23), observa-se a predominância de regiões aptas nas localidades de altitudes elevadas do centro do país, mais precisamente nas províncias de Huambo, Bié e Cuanza Sul.

Com base nos mapas de aptidão da temperatura e da deficiência hídrica anual (considerando a precipitação total) para o café arábica em Angola foi realizado o zoneamento agroclimático para o café arábica no território angolano (Figura 23).

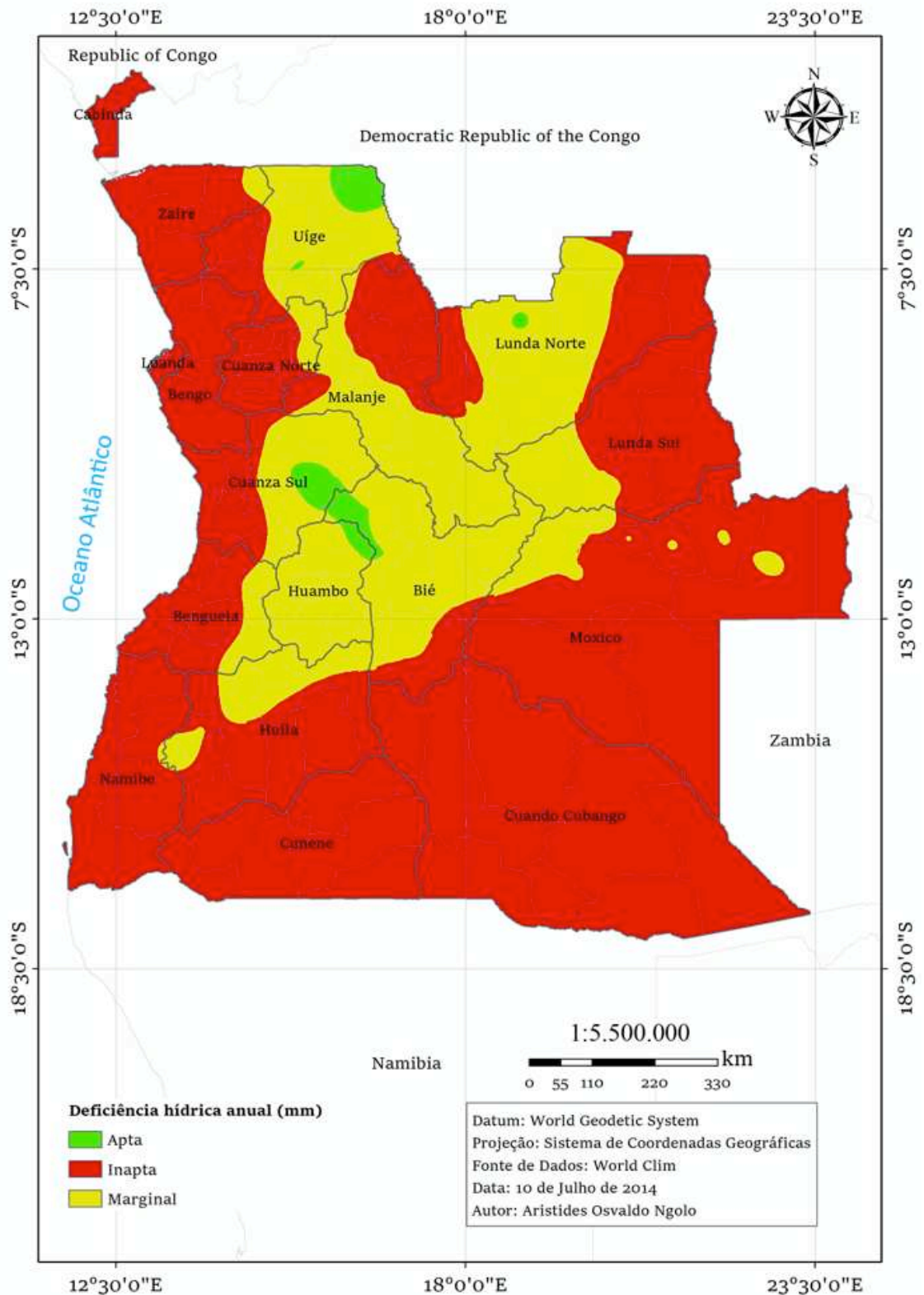


Figura 22. Mapa da deficiência hídrica anual (mm) para o café arábica e o robusta em Angola, utilizando-se valores de precipitação total.

Como resultado observa-se que as áreas consideradas aptas e parte das áreas consideradas como marginais abrangem as regiões de Angola, identificadas por Castanheira, 1973 (Figura 5) com potencialidades para exploração de café arábica.

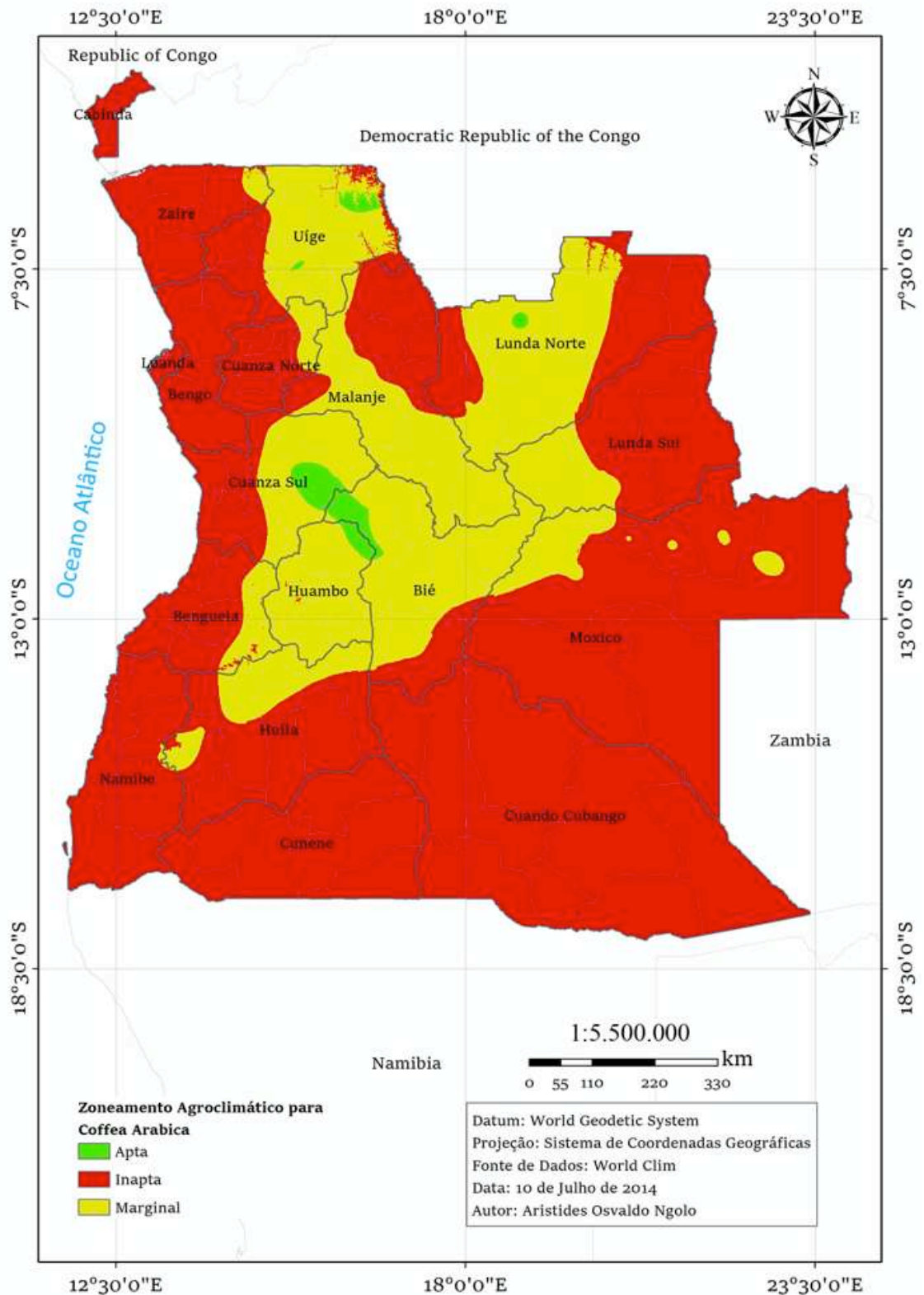


Figura 23. Mapa de zoneamento para café Arábica em Angola utilizando valores de precipitação total. Da: deficiência hídrica anual em (mm).

Destaca-se que as regiões consideradas marginais ocupam a grande parte do país e, conforme mencionado anteriormente, recomenda-se o cultivo do café nessas áreas

desde que sejam bem observadas as condições de disponibilidade hídrica, para que a produção não seja comprometida, principalmente nos anos considerados secos.

Também na Figura 23 observa-se a predominância de regiões aptas nas localidades de maiores altitudes como é o caso do centro do país nas províncias de Huambo, Bié e Cuanza Sul.

Com base nos mapas de aptidão da temperatura e da deficiência hídrica anual (considerando a precipitação total) para o café robusta em Angola foi realizado o zoneamento agroclimático para o café robusta no território angolano (Figura 24).

Pode ser observado na Figura 24 que as áreas consideradas aptas para o cultivo do café robusta localizam-se em parte da província do Uíge, cujas altitudes variam de 400 a 800 metros com temperaturas médias anuais entre 25,5 a 28 °C.

Observa-se ainda que grande parte da província de Lunda Norte e uma estreita faixa que vai desde a porção sudoeste de Malanje, a porção central de Cuanza Sul e a porção nordeste de Huíla, nas regiões de cadeias montanhosas (Figura 12), apresentam-se como áreas marginais para cultivo do café robusta

São apresentadas (Tabela 10) as áreas de aptidão (km² e %) resultantes do zoneamento do café arábica e robusta calculados com base nos dados de precipitação total.

Tabela 10 – Tamanho das áreas distribuídas por classes resultantes do zoneamento realizado para o café arábica e robusta com base precipitação total

Aptidão	Café arábica		Café robusta	
	----- km ² -----	---%---	----- km ² -----	---%----
Inapta	863.401,70	71,40	1.061.576,24	87,79
Apta	12.710,96	1,05	5.933,12	0,49
Marginal	333.252,10	27,55	141.855,40	11,72
Total	1.209.364,76	100,00	1.209.364,76	100,00

De maneira geral, em ambos zoneamentos, com base na precipitação efetiva ou precipitação total, os resultados apresentados evidenciam que o território angolano apresenta maior aptidão para o cultivo do café arábica.

Devido as áreas marginais serem em sua maioria assim consideradas devido ao déficit hídrico, essas são áreas passíveis de cultivo desde que considerem em seu manejo a possibilidade do uso de irrigação em períodos críticos de ausência de chuvas.

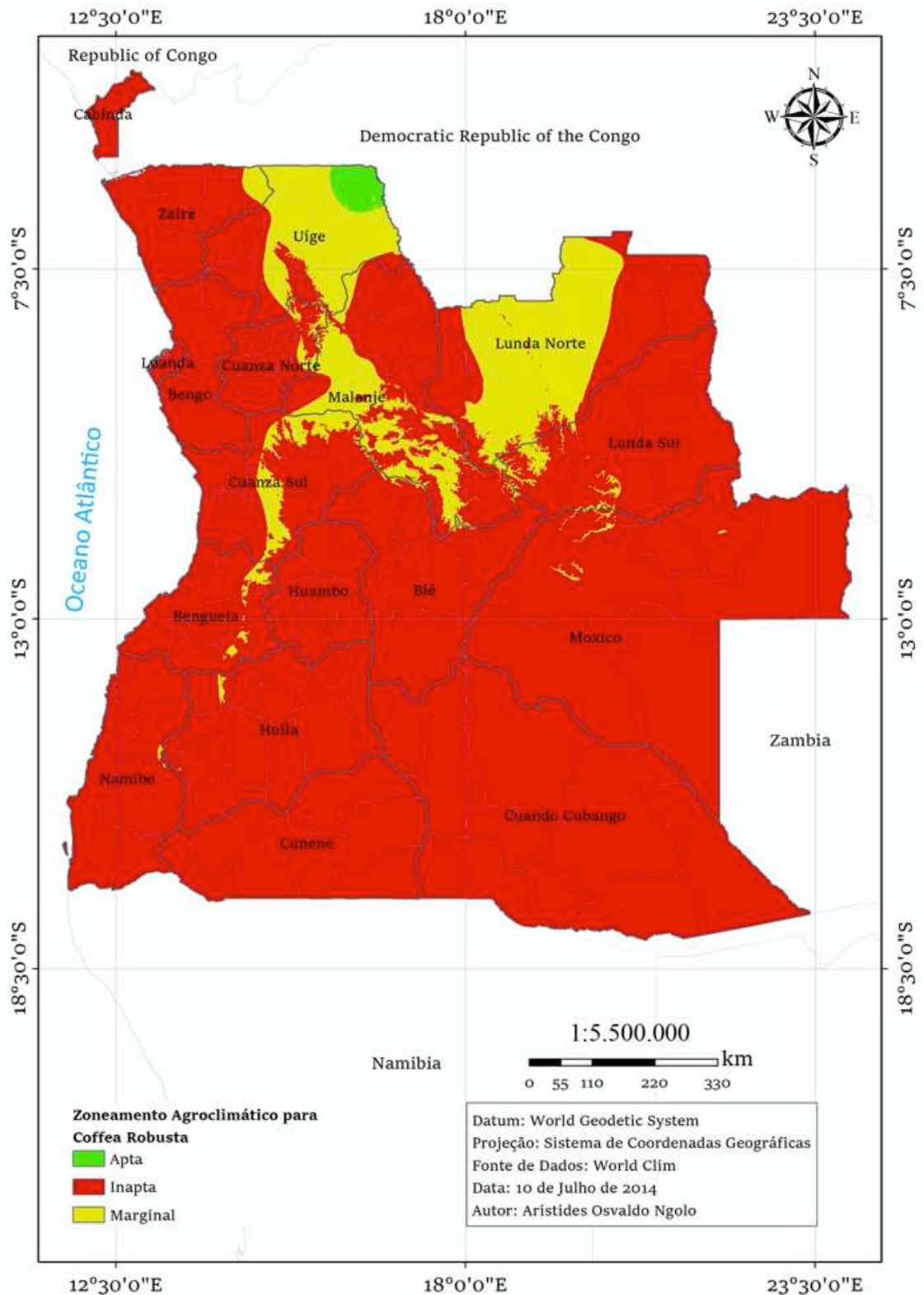


Figura 24. Mapa de zoneamento para café Robusta em Angola utilizando valores de precipitação total. Da: deficiência hídrica anual em (mm).

Considerando os zoneamentos realizados com base na precipitação efetiva, foram classificados 246.676,36 km² (24.667.630 ha) de áreas marginais para o cultivo do café arábica e 100.194,32 km² (10.019.430 ha) para o café robusta. As áreas aptas

sem restrição hídrica nem térmica, foram 6.966,07 km² (696.600 ha) para café arábica e 6.412,39 km² (641.230 ha) para a variedade robusta.

Os resultados obtidos com base na precipitação total apresentaram 12.710,96 km² (1.271.090 ha) considerados como regiões aptas, sem restrição hídrica nem térmica, para cultivo do café arábica. As regiões que se apresentam marginais para cultivo do café arábica com base na precipitação total se estendem por toda a região central de Angola e partes das províncias de Uíge e Lunda Norte totalizando 333.252,10 km² (33.325.210 ha) de extensão. Quanto a variedade robusta as regiões com aptidão localizam-se a nordeste da província do Uíge representando 5.933,12 km² (593.312 ha) de área. As regiões marginais para cultivo de café robusta apresentam-se em sua maioria na província do Uíge e Lunda Norte estendendo-se por uma faixa de norte a sul, desde Uíge até Benguela, representando o total de 141.855,40 km² (14.185.540 ha).

A área apta para o cultivo do café arábica definida com base na precipitação total foi aproximadamente 45% superior àquela com base na precipitação efetiva, enquanto que para o café robusta a área definida com base na precipitação efetiva foi aproximadamente 8% superior àquela com base na precipitação total.

As áreas definidas como plantio marginal foram, considerando a precipitação total, 26% e 29% superiores aquelas considerando a precipitação efetiva, para o café arábica e robusta respectivamente.

Destaca-se que não foram levados em consideração vários aspectos do meio físico tais como a declividade das encostas, a orientação das faces de exposição das montanhas, a direção predominante dos ventos e vários outros aspectos que são considerados dentro da análise do topoclima. Assim, considera-se que as áreas que poderiam ser consideradas como aptas, devido a características particulares do topoclima local não foram contempladas no presente zoneamento devido a escala de estudo adotada.

A inexistência de uma rede de estações meteorológicas no país impossibilita a realização de estudos em menor escala, capaz de revelar pequenas regiões com aptidões climáticas diferentes daquelas apresentadas no presente zoneamento. A ausência de informações mais detalhadas sobre os diferentes tipos de solos dificulta a realização de um zoneamento capaz de identificar com maior precisão as áreas mais indicadas para o cultivo dos cafés arábica e robusta no território angolano.

Destaca-se que Angola apresenta grande potencial hídrico para irrigação. Ou seja, em regiões como o leste do país, no caso da província do Moxico, é possível a implantação de sistemas de irrigação a partir dos cursos de água da região, fazendo com

que regiões no presente trabalho classificadas como restritas possam produzir café.

Para o INCA (2013), apesar da área total explorada atualmente corresponder a cerca de 50.000 hectares, as safras atuais alcançadas ainda são consideradas baixas quando comparadas aquelas de 1973. Assim, destaca-se que as regiões consideradas aptas e marginais podem ser significativamente ampliadas a partir da adoção de tecnologias que visem a melhoria das condições edafoclimáticas favorecendo, assim, o incremento do número de produtores familiares no país.

Os conflitos políticos que o país enfrentou durante muitos anos retardou significativamente a trajetória que a produção cafeeira em Angola seguia nos anos anteriores à independência do país. De acordo com António (2008), se a infraestrutura geral da produção cafeeira em Angola não fosse dificultada pela guerra, Angola estaria atualmente ocupando posição, em nível mundial, superior a de muitos países produtores, alcançando safras anuais superiores as atuais 12.000 toneladas que, de acordo com o INCA (2013), são produzidas atualmente.

Outro aspecto a ser considerado é que o processo de revitalização da cafeicultura em Angola não depende apenas da identificação das regiões com aptidão agroclimática, mas também os cafeicultores familiares devem receber, por parte das instituições financiadoras, benefícios tais como, ferramentas de trabalho e insumos agrícolas, uma vez que o café é uma cultura perene e o retorno do investimento financeiro só ocorrem, em média, três a quatro anos após o plantio.

5. Conclusões

As áreas para cultivo de café em Angola consideradas marginais são, em sua maioria, limitadas pelo fator déficit hídrico, o qual ocorre de maneira mais expressiva nas regiões do Sudoeste do país e ao longo da faixa litorânea onde as elevadas taxas de evapotranspiração condicionam o clima semiárido.

A diferença verificada nos resultados, quando comparada as áreas de aptidão para as duas espécies de cafés, pode estar associada ao fato do país apresentar maior área com aptidão térmica para o cultivo do café arábica em relação ao café robusta.

As regiões consideradas aptas utilizando valores de precipitação total encontram-se em sua maioria no sudeste da província do Cuanza Sul, nordeste da província do Huambo e a nordeste da província do Uíge.

As áreas definidas como plantio marginal foram superiores quando considerada a precipitação total em relação a precipitação efetiva e aproximadamente iguais para o café arábica e robusta.

A área considerada apta para o cultivo do café arábica no território angolano, com base na precipitação total, é aproximadamente o dobro daquela definida como apta com base na precipitação efetiva.

A área considerada apta para o cultivo do café robusta no território angolano, quando considerada a precipitação total, é aproximadamente 8% inferior àquela definida como apta com base na precipitação efetiva.

6. Referências

ABDULLAH, M. G. et al. **Precipitation**. Encyclopedia Britannica. 2013. Disponível em: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/474379/precipitation>. Acesso ao 25 de Outubro de 2014.

ALÈGRE, G. Climate et caféries d'Árabie. *Agron. Trop.*,v.14, n.1, 23-58.1959.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. *Irrigation and Drainage Paper No. 56*, FAO, Rome, Italy 300 p.

ALVARENGA, M.I.N.; PAULA, M.B. Planejamento conservacionista em microbacias. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, p.55-64, 2000.

ANTÓNIO, J. O microcrédito como ferramenta para o relançamento da cultura do café na região agrícola do Libolo e Amboim (Angola). 2008. 111f. Dissertação (mestrado) – **Universidade Tecnica de Lisboa**, Lisboa, 2008.

ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A.; CUNHA, S. A. R.; ALVES, E. R.; PINTO, S. H. S. Zoneamento agroclimático para cultura de café (*Coffea arabica L.*) no estado de Goiás e sudoeste do estado da Bahia. p. 510-518. 2001.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; JUNIOR, J. Z.; ÁVILA, A. M. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

ASSOCIAÇÃO DOS CAFEICULTORES DE ARAGUARI. Solos. 2014. Disponível em: <http://www.aca.com.br/cultura>. Acesso ao 18 de Outubro de 2014.

ARRUDA, F.B., IAFFE, A., WEILL, M.A. et al. Resultados do consumo de água e do coeficiente de cultura do cafeeiro a partir do controle da umidade do solo em Pindorama. In: **simpósio de pesquisas dos cafés do brasil**, 1., 2000, Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas, 2000. p.775-778.

BACANI, V. M.; LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS. *GEOUSP – Espaço e Tempo*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 184-197, 2014.

BACK, A.J.; DORFMAN, R.; CLARKE, R. Avaliação de métodos para o dimensionamento da irrigação suplementar em clima úmido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.4, p.33-49, 1998.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In. TUCCI, C.E.M.(Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p.177-242.

BITTENBENDER, H. C. e SMITH, V. Easton. Growing coffee in Hawaii. **College of Tropical Agriculture and Human Resources**. 2008.

BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARENGA, A. P.; RIBEIRO, M. F. Preparo do solo e plantio: instalação do cafezal. In: Café Arábica do plantio à colheita/Paulo Rebelles Reis, Rodrigo Luz da Cunha. – Lavras: U. R. EPAMIG SM, 2010. 1 v. (896 p.): il. p 292-297.

BRIGGS, L. J.; SHANTZ, H. L. The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. Washington DC: Department of Agriculture, Bureau of Plant Industries, Bulletin nº 30, 83p, 1912.

BRADY, N. C. The natures and properties of soils. 8. ed. New York: McMillan Publishing Co. 1974. 647 p.

CAMARGO, A.P. de; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the coffea crop. **Geneva: World Meteorological Organization**, 1994. 43 p (CagM report n. 58, WMO/TD n. 615).

CAMARGO, A.P. Zoneamento da aptidão climática para a cafeicultura arábica e robusta no Brasil. In: Fundação IBGE Recursos, meio ambiente e poluição. p. 68-76. 1977.

CAMARGO, A.P. **Balço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1971. 28p. (Boletim Técnico, 116).

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, v.60, p. 65-68, 2001.

CAMARGO, A. P. de O. Clima e a cafeicultura no Brasil. Informe Agropecuário , Belo Horizonte, v. 11, n. 126, 1985a.

CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; PEDRO JR., M.J.; et al. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: São Paulo, Secretaria da Agricultura. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. **São Paulo**, v.1, p.109-149, 1974.

CANNELL, M. G. R. Crop physiological aspects of coffee bean yield – **a review**. *Kenya Coffee*, v. 41, p. 245-253, 1976.

CARR, M.K.V. The water relations and irrigation requirements of coffee. **Experimental Agriculture**, v.37, n.1, p1-36, 2001.

CARVAJAL, J.F. Cafeto – cultivo y fertilización. Berna/Suíza. **Instituto Internacional de La Potasa**, 1972, 141 p.

CARVALHO, A. Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie arábica. **Separata dos boletins da superintendência de serviços de café**. Campinas, SP: IAC, dez. 1945 a abr. 1946.

CARVALHO, H. P. Irrigação, balanço hídrico climatológico e uso da água na cultura do café. Piracicaba, 2008. p. 37.

CARVALHO, H. S. Cultivares de café: origem, características e recomendações. **Embrapa Café**, 2008. p. 30-31.

CHAGAS, C.S.; CARVALHO JUNIOR, W.; PEREIRA, N.R.; ZARONI, M.J.; BHERING, S.B. Zoneamento pedoclimático do Rio Grande do Sul para a cultura da maçã. Rio de Janeiro, **RJ: Embrapa Solos**, 2000. (Embrapa Solos. Documentos: nº 27).

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Eds.) *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage*. **Londo: Croom Herm, Westport, Conn**, 1985. p. 13-47.

CLIFFORD M.N. and WILLSON K.C. (Editors) - Coffee; botany, biochemistry and production of beans and beverage. **London**, Croom Helm, 1985.

COSTE, R. Caféieres. Techniques agricoles et production tropicales. G. P. Maisonneuve et Larose ET A.C.C.T., **Paris**, 373p. 1989.

COSTE, R. *Coffea*: the plant and the product. London: Macmillan, 1992. 328p.

COLLINS, J.B. Soil resource for the small farmer. In: SOIL RESOURCE INVENTORIES PROCEEDING OF A WORKSHOP HELD AT CORNELL UNIVERSITY, Ithaca, N. York, 1977. Ithaca, Cornell University, p.205-215. Agronomy Mimeo,77/23.

CURI, N; LARACH, J. O. I; KÄMPF, N; MONIZ, A. C; FONTES, L. E. F. Vocabulário de ciência do solo. Campinas: SBCS, 1993. 90p.

DINIZ, A. C. Angola, o meio físico e potencialidades agrícolas. **Instituto para a Cooperação Económica, Lisboa**. 1973.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33. Tradução Gheyi, H.R. e outros, UFPB, Campina Grande. FAO. 306p. 1994.

DUSSET, S.; LASHARMES, P.; ANTHONY, F.; MONTAGNON, C.; TOUSLOT, P.; CAMBES, M. C.; BERTHAUD, J.; NOIROT, M.; HAMAN, S. Le cafeir, *Coffea canephora*. In: HAMON, P.; SEGUIN, M.; PERRIER, X.; GLAZMANN, J. C. (Eds.). Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. **France, CIRAD, Montpellier**, p. 175-194, 1999.

ECCARDI, F.; SANDALJ, V. *Coffee – a celebration of diversity*. Sandalj Eccardi Company, Trieste, Italy, 228 p., 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: Embrapa produção de informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION of the United Nations. Chapter 4: Irrigation water needs. <http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e08.htm>. Acesso ao 15 de Maio de 2014.

FARR, T.G.; KOBRICK, M. 2000. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. EOS (Transactions, American Geophysical Union), v.81, p.583-585.

FARR, T.G.; ROSEN, P.A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. 2007. The Shuttle Radar Topography Mission. **Review of Geophysics**, v.45, RG2004.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café Conilon: técnica de produção com variedades melhoradas**. 3. ed. **Vitória, ES: Incaper**, 2007, 60 p.

FERREIRA, C. C. M. Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais. 1997. 158f. Dissertação (mestrado) - **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 1997.

FERREIRA, M.; ASSIS, E. S.; MOTA, F. M.; DAUDT, G. F.; MACHADO, T.; PELUZIO, O.; FERRARI, J. L.; Zoneamento agroclimatológico para a cultura do café no território rural do Caparaó capixaba. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu. Abril de 2012. p. 0557.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas. Areia: UFPB/CCA, 2010. 107 f. il. (Dissertação de Mestrado).

FREITAS, M. A.; LOPES, A. V. Avaliação da demanda de água para irrigação: aplicação à bacia do rio São Francisco. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2003, Juazeiro-BA. Anais**. CD.

GEORGE, A.P.; NISSEN, R. J.; HOWITT, C. The effects day/night temperatures on growth and dry mater production of Annonas species. *Scientia Horticulturae*: 31,p. 269-274. 1987a.

GOUVEIA, N.M. Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de Coffea arábica L.: observações sobre antese e maturação dos frutos. Campinas, 1984. 237p. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biologia, UNICAMP.

GONZAGA, N. Angola – Pequena Monografia, Agencia Geral do Ultramar – **Centro de Informação e Turismo de Angola, Lisboa**. 1969.

GUIMARÃES, P. T. G.; LOPES, A. S. Solos para cafeeiro: características, propriedades e manejo In: *Cultura do cafeeiro fatores que afetam a produtividade*. 1986. Piracicaba – Brasil. p. 116.

IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.

HIJMANS, R.J., S.E. CAMERON, J.L. PARRA, P.G. JONES AND A. JARVIS, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** 25: 1965-1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Cultura do café no Brasil: Manual de recomendações. Rio de Janeiro. 2ª ed., 1977. 312 p. (**Ministério da Indústria e Comercio**).

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Cultura do café no Brasil; Pequeno Manual de recomendações 1ª ed./ Rio de Janeiro, 1986. p. 12.

INSTITUTO NACIONAL DO CAFÉ (INCA). Potencialidades e oportunidades no subsector do café e do palmar. Diagnostico e guia/propostas para um programa de investimentos. Março, 2013. Disponível em: http://www.anip.co.ao/ficheiros/pdfs/GUIAO_INVESTIMENTO_CAFE_E_PALMAR_EM_ANGOLA_2013.pdf

INSTITUTO NACIONAL do CAFÉ (INCA). Plano estratégico de médio prazo 2013 – 2017. Ministério da Agricultura. 2013.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION (ICO). Statistics. Historical Data. Disponível em: http://www.ico.org/pt/coffee_storyp.asp?section=Sobre_o_caf%E9#sthash.xDOagQqJ.dpuf

JENSEN, N.E. Water consumption by agriculture plants. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed) Water deficits and plant growth. **New York, Academic Press**, 1968. V.2, p.1-22.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. **American Society of Civil Engineers (ASCE)**, Manual and Reports of Civil Engineers Practice N° 70, New York, 1990.

LAVIOLA, B. G. et al. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 31, n. 6, p. 1451-1462, maio 2007.

LEPSCH, I. F; BELLINAZZI JR., R; BERTOLINI, D; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4a Aprox. SBCS, Campinas-SP. 1991. 175p.

LIMA, W. P.; NICOLIELO, N. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. IPEF, n. 24, p. 43-46, 1983.

LIMA, F.B.; SANTOS, G.O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. **Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP**, 2009.

MANTOVANI, E. C. Compactação do solo. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n. 147, p. 52-55, 1987.

MATIELLO, J. B. Solos para cafeeiro. 1986. In: Cultura de café no Brasil. Pequeno manual de recomendações. p. 23-27.

MATIELLO, J.B. O Café: do cultivo ao consumo. **São Paulo, Globo**, 1991. 320 p.

MEIRELES, E. J. L.; CAMARGO, M. B. P.; FAHL, J. I.; THOMAZIELLO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M. Fenologia do Cafeeiro: Condições Agrometeorológicas e Balanço Hídrico. **Brasília, DF: Embrapa**. 2004. p. 13.

MATIELLO, J. B.; SILVA, W. J.; AGUIAR FILHO, E. C.; ARAÚJO, R. A. Efeito da face de exposição do cafeeiro na produtividade e na qualidade dos frutos na região de Pirapora-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 30., 2004, São Loureço. Trabalhos apresentados... Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 2004. p. 1-2.

MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: GUIMARÃES, R.J. et al. (Ed.). Cafeicultura. **Lavras, MG: UFLA/FAEPE**, 2002. p.39-99.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Implantação da lavoura: espaçamentos e sistemas de plantio, preparo e conservação do solo, plantio, planejamento, tratos culturais e colheita. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S (Eds). Cafeicultura. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 247-257.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL (MINADER). **Revisão do sector agrário e da estratégia de segurança alimentar para definição de prioridades de investimentos (tcp/ang/2907)**. Março. 2004. pag. 6.

MINISTÉRIO DO URBANISMO E AMBIENTE (MINUA). **Relatório do Estado Geral do Ambiente em MINISTÉRIO DO URBANISMO Angola**. 2006.

NETO, J. F. C., SILVA, M. C.; MAHINGA, J. C., VARZEA, V. M. P. (2008). Cooperação técnico-científica entre o Instituto Nacional do Café (INCA) e o Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC/IICT). 2008. 1º Encontro Luso-Angolano em Economia, Sociologia e Desenvolvimento Rural. Universidade de Évora. (16-18 Outubro 2008). (em impressão). Este trabalho foi apresentado sob forma de comunicação oral.

NUNES, A. M. L.; SOUZA, F. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, J. C. F.; PEQUENO, P. L. L.; COSTA, R. S. V.; VENEZIANO. W. Cultivo do Café Robusta em Rondônia. Solos. EMBRAPA Rondônia. 2005.

NUTMAN, F. J. The root system of *Coffea arabica*. Part 1. **Root system in tropical soils in British East Africa, Empire Journal of Experimental Agriculture**, 1, 271-84. 1933.

OPAIS.net. Financiamento de USD 100 milhões para pequenos produtores de café. Disponível em: <http://www.opais.net/pt/revista/?id=&det=3359&mid=>. 2009. Acessado a: 09 de Setembro de 2013.

ORTOLANI, A.A.; PINTO H.S.; PEREIRA, A.R.; ALFONSI, R.R. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. **Instituto Brasileiro do Café**, 1970. 27p.

PAIR, C. H., et al Sprinkler irrigation. **Fourth Ed., The Sprink. Irrig. Assoc.**, Silver Spring, Md. 1975.

PALAUQUE, L. Angola um país fabuloso. 1ª edição Ed. Internacionais Lda. p. 12-13. 1995.

PATWARDHAN, A. S.; NIEBER, J. L.; JOHNS, E. EFFECTIVE RAINFALL ESTIMATION METHODS. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE)* 1990.

PEEL, M. C. and FINLAYSON, B. L. and MCMAHON, T. A.. (2007). "*Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*". **'Hydrol. Earth Syst. Sci.'** 11: 1633–1644. ISSN 1027-5606.

PELLEGRINO, G. Q.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; BRUNINI, O. O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistemas de informações Geográficas aplicações na agricultura*. Brasília: Embrapa-SPI /Embrapa-CPAC, 1998.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; BRUNINI, O. ALFONSI, R. R.; CAMARGO, M. B. P. de; CORAL, G.; BARBANO, M.T. Um modelo para estimativa de danos causados por geadas em cafezais. In: simpósio de pesquisa dos cafés do brasil, 1., 2000, Poços de Caldas. *Resumo expandidos...* Brasília, DF: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. v. 1, p. 120-122.

POHLAN, H. A. J.; JANSSENS, M.J.J. Growth and production of coffee. *Soil, Plant Growth Crop Produc*, v. 3, p. 1-11, 2012.

POZZEBON, E. J.; CUNHA, P.; CAVALCANTE, A. C.; CARRARI, E.; SILVA, L. M. C. Demanda hídrica para a agricultura irrigada e sua influência nas análises de pedidos de outorga de direito de uso de água. **XV simpósio brasileiro de recursos hídricos**, 2003, Curitiba-PR. Anais. CD.

PRADO, H. do. *Solos Tropicais - potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso*. 2.a edição. Jaboticabal, FUNEP, 1998.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, R.; BAMLER, R. 2003. The Shuttle Radar Topography Mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v.57, p.241-262.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. Brasília:SUPLAN/EMBRAPA-SNLCS, 1978, 70p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. 3 ed. rev. - RIO de Janeiro: EMBRAPA -CNPS, 1994, 65p.

REIS, P.R. *Café Arábica do plantio à colheita*/Paulo Rebelles Reis, Rodrigo Luz da Cunha. – **Lavras: U. R. EPAMIG SM**, 2010. p. 89.

REVISTA CAFEICULTURA. Angola: Incentivos aos cafeicultores. 07/07/2014 10:49. Acesso: 14 de Julho de 2014. Disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=54263>.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F.; SILVA, E. M. Metodologia para Estimativa da precipitação anual em áreas agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2003, Goiânia-GO. Anais. CD.

RENA, A. B., MALVOLTA, E., ROCHA, M. et al. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. 447 p. il.

RONCHI, C.P.; DaMATTA, F.M. Aspectos fisiológicos do Café Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A. et al. (Ed.). Café Conilon. Vitória, **ES: Incaper**, 2007, p. 95-119.

ROSSETI, L.A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, RS, v.9, n.3, p.386-399, 2001. (Nº. Especial: Zoneamento Agrícola).

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; Fernandes, D.R. Irrigação na cultura do café. Campinas: Arbore Agrícola e Comércio Ltda., 1996. 146p. **Divisão Stoller do Brasil**.

SANTOS, R. F. dos. Ensino-aprendizagem de solos com agricultores e agricultoras de Mata Redonda, Remígio - PB a partir de levantamento utilitário. Areia - PB. 2001. (Dissertação de Mestrado).

SCHUKIN, S. Creating the Environmental Conditions for Violence. Center for Environment and National Security. 2012. Disponível em: <http://scrippsblogs.ucsd.edu/cens/2012/03/20/creating-the-environmental-conditions-for-violence/>. Acesso: ao 20 de Janeiro de 2014.

SCHWANZ, P., C. PICON, P. VIVIN, E. DREYER, J.M. GUEHL AND A. POLLE. 1996. Responses of antioxidative systems to drought stress in pendunculate oak and maritime pine as modulated by elevated CO₂. *Plant Physiol.* 110:393–402.

SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. da COSTA, L. C.; M. H.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de.; SANTOS, A. R. Zoneamento climático para o Estado de Minas Gerais. **Viçosa: Embrapa/Funarbe-UFV**, 1999. 15p.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.F.; SANTOS, A.R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N.; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, RS, v.9, n.3, p.501-509, 2001. (Nº. Especial: Zoneamento Agrícola).

SERTOLI, P. E. As características do complexo de troca e a classificação dos solos da república de Angola. Instituto Superior de Agronomia. **Universidade Técnica de Lisboa**. 2009.

SILVA, J. S. V. Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental estudo de caso: bacia hidrográfica do alto Rio Taquari MS/MT. 2003, p. 332. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Campinas**.

- SMITH, M. CROPWAT A computer program for irrigation planning and management. **FAO Irrigation and Drainage Paper 46**. Rome. 1992. 126p.
- STALLINGS, J. H. Soil conservation. New Jersey: Prentice Hall, 1967. 575p.
- SOUZA, Z. M. MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n. 6, p. 1763-1771, 2004.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology**, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. L. Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. **São Paulo: Nobel**, 1992. 374 p.
- VALLET, A; BERTRAND, C; MURDY, J. Effective rainfall: a significant parameter to improve understanding of deep-seated rainfall triggering landslide – a simple computation temperature based method applied to Séchilienne unstable slope (French Alps). **Chrono-Environnement**; June, 2013.
- VAN ZYL, J.J. 2001. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. **Acta Astronautica**, v.48, p.559-565.
- VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentages of soils. *Science*, v.68, p.75-94, 1949.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. 2. ed. Viçosa, 2012. p. 381.
- WALLIS, J. A. N. Water use by irrigated coffee in Kenya, **Agricultural Science**, 60, 381-8. 1963.

APÊNDICE

APÊNDICE 1

Deficiência hídrica elaborada a partir do método proposto por THORNTHWAITE e MATHER (1955), utilizando-se valores de temperatura média mensal e de precipitação efetiva.

Municípios	Latitude	Longitude	DEF	Municípios	Latitude	Longitude	DEF
Ambriz	-7,942	13,5	1124,8	Lubango	-14,731	13,83	201,1
Dande	-8,528	13,85	948,4	Matala	-15,264	15,16	438,7
Icolo e Bengo	-9,153	13,86	897,1	Quilengues	-14,14	13,95	303
Muxima	-9,831	13,85	728,1	Tchipungo	-15,059	14,56	296,5
Nambuanguongo	-8,048	14,26	920,8	Cacuaco	-8,783	13,48	975,4
Baía Farta	-13,169	13,11	746	Cazenga	-8,826	13,3	951,8
Balombo	-12,362	14,79	179,9	Ingombota	-8,809	13,24	984
Benguela	-12,751	13,61	645,8	Kilamba	-8,888	13,25	946,9
Bocoio	-12,338	14,27	234,4	Kiaksi	-8,857	13,22	965,2
Caiambambo	-13,103	13,93	321,8	Maianga	-8,828	13,26	953
Chongoroi	-13,597	13,8	318,3	Rangel	-9,009	13,13	944,3
Cubal	-13,161	14,35	225,9	Samba	-8,786	13,29	978,5
Ganda	-13,122	14,73	177,5	Sambizanga	-9,067	13,29	901
Lobito	-12,162	13,85	771,6	Viana	-7,9	21,5	235,9
Andulo	-11,275	16,46	152,6	Cambulo	-9,754	18,84	187,2
Camacupa	-12,452	17,78	193,4	Capenda	-8,341	18,82	158
Catabola	-12,148	17,25	192,2	Caungula	-7,39	20,41	209,9
Chinguar	-12,563	16,57	156,4	Chitato	-8,601	18,06	115,6
Chitembo	-13,476	17,23	196,9	Cuango	-8,127	19,69	175,9
Cuemba	-11,813	18,45	166,8	Cuilo	-9,24	19,31	181,5
Cunhinga	-11,988	16,81	151,9	Lubalo	-8,423	20,48	858,5
Kuito	-12,539	17,02	174,6	Lucapa	-9,604	18,02	204,8
Nharea	-11,309	17,16	170,3	Xá Muteba	-10,665	19,2	172,2
Belize	-4,591	12,84	219,6	Cacolo	-10,924	20,35	196,6
Buco Zau	-4,811	12,55	524,1	Dala	-10,154	21,43	248,5
Cabinda	-5,459	12,37	622	Muconda	-9,475	20,69	229
Landana	-5,045	12,24	632,5	Saurimo	-9,49	15,63	230,4
Calai	-17,37	19,41	604,3	Cacuzo	-8,696	16,01	187,9
Cuangular	-17,057	18,15	610,4	Calandula	-10,123	17,45	181
Cuchi	-14,693	16,96	248,1	Cambundi-Catembo	-9,952	16,68	183,7
Cuito Cuanavale	-14,95	18,84	304,3	Cangandala	-8,647	16,67	230,8
Dirico	-17,528	20,82	558	Caombo	-9,038	16,46	192,9
Mavinga	-16,125	20,29	414,2	Cuaba	-8,661	17,35	243,4
Menongue	-15,226	17,75	322,7	Nzogo	-10,793	17,38	185
Nancova	-16,389	18,73	496	Cunda-dia-Baza	-9,482	16,35	185,9
Rivungo	-16,862	21,95	510,2	Luquembo	-8,168	17,11	245,4
				Malanje			
				Marimba			

Ambaca	-8,223	15,51	179,8	Massango	-7,763	16,6	203,7
Banga	-8,722	15,2	283,6	Mucari	-9,482	16,92	189,1
Bolongongo	-8,457	15,09	360,1	Quela	-9,319	17,29	230,2
Bula Atumba	-8,634	14,82	411	Quirima	-11,069	18,27	170,2
Cambambe	-9,535	14,59	633,8	Alto Zambeze	-12,211	22,91	197,6
Cazengo	-9,32	14,78	446,3	Camanongue	-11,409	20,23	202,3
Dembos	-8,507	14,55	554	Cameia	-11,838	21,26	205,6
Golungo Alto	-9,077	14,67	496,3	Léua	-11,744	20,58	210,1
Lucala	-9,139	15,24	259,9	Luau	-10,901	22	255,5
Ngonguembo	-8,903	14,9	183,7	Lucano	-11,669	22,05	205
Pango Aluquém	-8,911	14,35	709,7	Luchazes	-13,752	19,53	258
Quiculungo	-8,49	15,32	220,5	Lumbala-Nguimbo	-14,21	21,32	248,9
Samba Cajú	-8,809	15,49	183	Moxico	-12,328	19,78	203,6
Amboim	-10,888	14,41	430,5	Bibala	-14,686	13,14	661
Cassongue	-11,823	14,97	194,3	Camacuio	-14,004	13,03	629,7
Conda	-11,173	14,46	518,7	Namibe	-14,72	12,46	855,6
Ebo	-10,954	14,76	176,6	Tombwa	-16,564	12,36	803,8
Libolo	-10,063	14,99	225,1	Virei	-15,814	12,94	780,2
Mussende	-10,269	15,98	162,3	Alto Cauale	-7,84	15,95	179,1
Porto Amboim	-10,628	13,94	815,2	Ambuila	-7,587	14,47	787,3
Quibala	-10,699	15,34	149,7	Bembe	-7,052	14,28	650,5
Quilenda	-10,524	14,37	507,5	Buengas	-6,668	15,83	171,3
Seles	-11,458	14,5	504,2	Bungo	-7,392	15,45	155,9
Sumbe	-11,498	14,05	723,6	Damba	-6,731	15,22	188,9
Waku Kungo	-11,287	15,33	157,5	Maquela do Zombo	-6,121	15,5	170,2
Cahama	-16,417	14,25	589,4	Milunga	-7,039	16,59	189,1
Cuanhama	-16,482	16,32	616,5	Mucaba	-7,104	15,04	173,5
Curoca	-16,933	13,79	712,4	Negage	-7,827	15,39	162,5
Cuvelai	-15,746	16,14	522	Puri	-7,652	15,68	165,7
Namakunde	-17,075	16,61	665,1	Quimbele	-6,347	16,36	153,5
Ombadja	-16,768	14,94	682,8	Quitexe	-8,058	14,92	391,1
Bailundo	-11,95	15,85	158,7	Sanza Pombo	-7,225	16,05	184,7
Caála	-13,271	15,57	173,7	Songo	-7,154	14,79	387,5
Catchiungo	-12,759	16,32	158	Uíge	-7,569	15,09	160,5
Ekunha	-12,534	15,49	158,7	Cuimba	-6,213	14,66	253,9
Huambo	-12,819	15,8	162,7	M'Banza Congo	-6,318	14,18	441,3
Londuimbale	-12,236	15,29	168,4	Noqui	-6,152	13,5	846,1
Longonjo	-13,085	15,22	159,2	N'Zeto	-7,329	13,4	984,6
Mungo	-11,755	16,21	151,2	Soyo	-6,282	12,73	913,2
Tchicala-Tcholoanga	-12,96	16,09	162,5	Tomboco	-6,707	13,36	816,7
Tchindjenje	-12,819	14,94	167,2	Mayumba	-3,42	10,65	261,2
Ukuma	-12,745	15,15	165	Point Noire	-4,82	11,9	425,3
Caconda	-13,778	15,16	176,1	Mwinilunga	-11,75	24,43	951

Caluquembe	-14,062	14,55	164,5	Zambezi	-13,53	23,12	1879
Chibia	-15,22	13,86	281,5	Kabompo	-13,6	24,2	2033
Chicomba	-14,304	15,02	201,4	Mongu	-15,25	23,15	2048
Chipindo	-13,885	15,74	199,6	Senanga	-16,1	23,27	2593
Gambos	-15,836	14,06	450,4	Katima Mulilo	-17,5	24,27	559
Humpata	-15,077	13,37	161,9	Rundu	-17,92	19,77	738
Jamba	-14,813	15,84	305,1	Grootfontein	-19,6	18,12	585
Kuvango	-14,214	16,32	214,4	Ondangwa	-17,92	15,95	766,9

DEF: deficiência hídrica anual (mm), Latitude e Longitude em graus decimais.

APÊNDICE 2

Deficiência hídrica anual elaborada a partir do método proposto por THORNTHWAITE e MATHER (1955), utilizando-se valores de precipitação total.

Municípios	Latitude	Longitude	DEF	Municípios	Latitude	Longitude	DEF
Ambriz	-7,942	13,5	1062,6	Lubango	-14,731	13,83	195,2
Dande	-8,528	13,85	837,8	Matala	-15,264	15,16	311,6
Icolo e Bengo	-9,153	13,86	764,5	Quilengues	-14,14	13,95	244,6
Muxima	-9,831	13,85	579,3	Tchipungo	-15,059	14,56	222,8
Nambuanguo	-8,048	14,26	861,5	Cacuaco	-8,783	13,48	886,4
Baía Farta	-13,169	13,11	669,8	Cazenga	-8,826	13,3	879,8
Balombo	-12,362	14,79	178,9	Ingombota	-8,809	13,24	917,4
Benguela	-12,751	13,61	518,5	Kilamba	-8,888	13,25	876,9
Bocoio	-12,338	14,27	210,1	Kiaxi	-8,857	13,22	898,8
Caiambambo	-13,103	13,93	255,6	Maianga	-8,828	13,26	884,3
Chongoroi	-13,597	13,8	241,9	Rangel	-9,009	13,13	870,3
Cubal	-13,161	14,35	213,2	Samba	-8,786	13,29	908,1
Ganda	-13,122	14,73	177	Sambizanga	-9,067	13,29	812,5
Lobito	-12,162	13,85	675,6	Viana	-7,9	21,5	221,8
Andulo	-11,275	16,46	149,8	Cambulo	-9,754	18,84	179
Camacupa	-12,452	17,78	181	Capenda	-8,341	18,82	146,7
Catabola	-12,148	17,25	179,9	Caungula	-7,39	20,41	190,8
Chinguar	-12,563	16,57	153	Chitato	-8,601	18,06	193,8
Chitembo	-13,476	17,23	189,7	Cuango	-8,127	19,69	161,6
Cuemba	-11,813	18,45	160,2	Cuilo	-9,24	19,31	171,9
Cunhinga	-11,988	16,81	150,5	Lubalo	-8,423	20,48	217,4
Kuito	-12,539	17,02	162,9	Lucapa	-9,604	18,02	197,9
Nharea	-11,309	17,16	166,5	Xá Muteba	-10,665	19,2	168
Belize	-4,591	12,84	216	Cacolo	-10,924	20,35	190,6
Buco Zau	-4,811	12,55	299,8	Dala	-10,154	21,43	238,3
Cabinda	-5,459	12,37	413,1	Muconda	-9,475	20,69	224,7
Landana	-5,045	12,24	410,4	Saurimo	-9,49	15,63	202,3
Calai	-17,37	19,41	501,3	Cacuzo	-8,696	16,01	185,5
Cuangular	-17,057	18,15	493,4	Calandula	-10,123	17,45	175,8
Cuchi	-14,693	16,96	224,2	Cambundi-Catembo	-9,952	16,68	179,8
Cuito Cuanavale	-14,95	18,84	259,4	Cangandala	-8,647	16,67	221,3
Dirico	-17,528	20,82	448,8	Caombo	-9,038	16,46	189,4
Mavinga	-16,125	20,29	324,6	Cuaba	-8,661	17,35	235,9
Menongue	-15,226	17,75	257,9	Nzogo	-10,793	17,38	180,2
Nancova	-16,389	18,73	350	Cunda-dia-Baza	-9,482	16,35	182,6
Rivungo	-16,862	21,95	369,3	Luquembo	-8,168	17,11	229
				Malanje			
				Marimba			

Ambaca	-8,223	15,51	177,8	Massango	-7,763	16,6	215,2
Banga	-8,722	15,2	224,5	Mucari	-9,482	16,92	183,9
Bolongongo	-8,457	15,09	257,5	Quela	-9,319	17,29	224,8
Bula Atumba	-8,634	14,82	287,8	Quirima	-11,069	18,27	166,8
Cambambe	-9,535	14,59	459,2	Alto Zambeze	-12,211	22,91	182,6
Cazengo	-9,32	14,78	315,6	Camanongue	-11,409	20,23	189,4
Dembos	-8,507	14,55	396,8	Cameia	-11,838	21,26	194,1
Golungo Alto	-9,077	14,67	355,2	Léua	-11,744	20,58	196,9
Lucala	-9,139	15,24	205,9	Luau	-10,901	22	241,1
Ngonguembo	-8,903	14,9	271,9	Lucano	-11,669	22,05	193,6
Pango Aluquém	-8,911	14,35	528,8	Luchazes	-13,752	19,53	248,1
Quiculungo	-8,49	15,32	206,4	Lumbala-Nguimbo	-14,21	21,32	242,2
Samba Cajú	-8,809	15,49	181,1	Moxico	-12,328	19,78	193,4
Amboim	-10,888	14,41	263,7	Bibala	-14,686	13,14	557,4
Cassongue	-11,823	14,97	185,6	Camacuio	-14,004	13,03	528,7
Conda	-11,173	14,46	359,5	Namibe	-14,72	12,46	840,6
Ebo	-10,954	14,76	189,6	Tombwa	-16,564	12,36	799,7
Libolo	-10,063	14,99	181,3	Virei	-15,814	12,94	757,8
Mussende	-10,269	15,98	158,8	Alto Cauale	-7,84	15,95	174,9
Porto Amboim	-10,628	13,94	719	Ambuila	-7,587	14,47	710,1
Quibala	-10,699	15,34	145,5	Bembe	-7,052	14,28	509
Quilenda	-10,524	14,37	364,1	Buengas	-6,668	15,83	161,5
Seles	-11,458	14,5	321,7	Bungo	-7,392	15,45	149,5
Sumbe	-11,498	14,05	607,8	Damba	-6,731	15,22	183
Waku Kungo	-11,287	15,33	154,3	Maquela do Zombo	-6,121	15,5	158,7
Cahama	-16,417	14,25	509,2	Milunga	-7,039	16,59	179,1
Cuanhama	-16,482	16,32	494,8	Mucaba	-7,104	15,04	167
Curoca	-16,933	13,79	674,5	Negage	-7,827	15,39	158,2
Cuvelai	-15,746	16,14	376,6	Puri	-7,652	15,68	160,7
Namakunde	-17,075	16,61	561,3	Quimbele	-6,347	16,36	135,8
Ombadja	-16,768	14,94	588,9	Quitexe	-8,058	14,92	251,1
Bailundo	-11,95	15,85	157,1	Sanza Pombo	-7,225	16,05	177,2
Caála	-13,271	15,57	163,1	Songo	-7,154	14,79	229,7
Catchiungo	-12,759	16,32	154,8	Uíge	-7,569	15,09	150,3
Ekunha	-12,534	15,49	157,9	Cuimba	-6,213	14,66	180,7
Huambo	-12,819	15,8	161,9	M'Banza Congo	-6,318	14,18	251,2
Londuimbale	-12,236	15,29	167,4	Noqui	-6,152	13,5	622,2
Longonjo	-13,085	15,22	158,7	N'Zeto	-7,329	13,4	889,5
Mungo	-11,755	16,21	149,2	Soyo	-6,282	12,73	743,7
Tchicala-Tcholoanga	-12,96	16,09	157,8	Tomboco	-6,707	13,36	637,3
Tchindjenje	-12,819	14,94	166,5	Mayumba	-3,42	10,65	218,8
Ukuma	-12,745	15,15	164,2	Point Noire	-4,82	11,9	286,4

Caconda	-13,778	15,16	165,5	Mwinilunga	-11,75	24,43	834,5
Caluquembe	-14,062	14,55	154,6	Zambezi	-13,53	23,12	1573,4
Chibia	-15,22	13,86	218	Kabompo	-13,6	24,2	1734,1
Chicomba	-14,304	15,02	194	Mongu	-15,25	23,15	1810
Chipindo	-13,885	15,74	192,8	Senanga	-16,1	23,27	2434,3
Gambos	-15,836	14,06	342,6	Katima Mulilo	-17,5	24,27	414,3
Humpata	-15,077	13,37	157,2	Rundu	-17,92	19,77	642,4
Jamba	-14,813	15,84	244,4	Grootfontein	-19,6	18,12	504,3
Kuvango	-14,214	16,32	209,7	Ondangwa	-17,92	15,95	698,4

DEF: deficiência hídrica anual (mm), Latitude e Longitude em graus decimais.