

MODELO DE ANÁLISE DAS ACESSIBILIDADES RODOVIÁRIAS DE MOÇAMBIQUE

Paulo Matos Martins^{1*}, Vidhia Govan¹

¹GuITTS/CEEC, Grupo de Investigação em Transportes, Território e Desenvolvimento Sustentável do Centro de Estudos de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

*email: paulo.martins@dec.isel.pt.

Sumário

Apresenta-se um modelo de análise de acessibilidades rodoviárias baseado em SIG, que cobre todo o território de Moçambique. O modelo foi construído de raiz, com base em informação geográfica cedida pela Administração Nacional de Estradas (ANE) e permite calcular diversos indicadores de acessibilidade rodoviária entre os distritos e províncias de Moçambique, tendo como base indicadores demográficos e económicos desenvolvidos para o efeito.

O principal objetivo deste trabalho foi o da criação de uma ferramenta que permita a análise e avaliação comparativa das acessibilidades rodoviárias regionais e nacionais em Moçambique (análise entre zonas diferentes e antes/depois), podendo vir a constituir-se num instrumento de apoio à decisão e ao investimento no setor.

O modelo rodoviário e os exemplos apresentados foram desenvolvidos no âmbito da dissertação de mestrado da segunda autora, nacional de Moçambique, tendo o trabalho sido orientado pelo primeiro autor. O modelo está disponível para ser utilizado num contexto não académico.

Palavras-chave: Moçambique; Rede rodoviária; Planeamento rodoviário; Acessibilidades; Mobilidade; Sistemas de Informação Geográfica.

1 INTRODUÇÃO

Moçambique é um país com grande potencial de desenvolvimento a nível socioeconómico, pelo que nos anos vindouros necessita de garantir acessibilidades adequadas e níveis de qualidade ajustados, compatíveis com essa aspiração. Esta comunicação apresenta um modelo de análise das acessibilidades rodoviárias, baseado em SIG e cobrindo todo o território de Moçambique, que poderá ajudar a materializar esse mesmo desenvolvimento futuro. O modelo foi construído de raiz, com base em informação geográfica cedida pela Administração Nacional de Estradas (ANE) e permite calcular diversos indicadores de acessibilidade rodoviária regional e nacional, tendo como base indicadores demográficos e económicos. Pretendeu-se elaborar um projeto inovador, que seja útil ao esforço futuro de Moçambique, contribuindo para a criação de valor. Pretendeu-se também disponibilizar algumas sugestões para a futura melhoria e sistematização da prática do planeamento rodoviário em Moçambique.

O enquadramento apresentado poderá ser utilizado para identificar, através da análise de indicadores de acessibilidade, as áreas geográficas nas quais as populações e a indústria enfrentam, potencialmente, maiores dificuldades nas suas deslocações. Adicionalmente potencia-se a identificação e simulação de políticas e medidas que reduzam eventuais desequilíbrios de acessibilidades existentes. Os modelos propostos permitirão também localizar e identificar alguns troços de infraestrutura em falta (*missing links*), considerados fundamentais para garantir níveis de acessibilidades mínimos importantes para promover a viabilidade do transporte regional e internacional de mercadorias e pessoas, de modo a potenciar o esperado desenvolvimento económico e social de Moçambique no Século XXI.

O principal objetivo desta comunicação é o de dar a conhecer o modelo criado e divulgar também os resultados obtidos com base no mesmo, nomeadamente os indicadores de acessibilidade calculados. Os resultados que se apresentam foram obtidos a partir de uma viagem padrão de até 16 horas (correspondente ao alcance de uma viatura em jornada intensiva durante um dia). Por esse motivo devem ser encarados como indicativos, podendo ser melhorados face à identificação de objetivos específicos de políticas e planeamento de transportes.

Deste modo, pretendeu-se criar um modelo para o estudo das acessibilidades rodoviárias que funcione futuramente como uma ferramenta que permita analisar, diagnosticar e propor cenários de intervenção na Rede Rodoviária Nacional de Moçambique, de forma a contribuir para o estudo da melhoria das acessibilidades do país.

A presente comunicação é composta por cinco secções. Nesta primeira secção efetua-se a apresentação sumária dos trabalhos desenvolvidos, do respetivo enquadramento, faz-se a identificação dos objetivos a alcançar, bem como da estrutura de desenvolvimento. Na segunda secção faz-se uma breve apresentação da noção de acessibilidade regional e do respetivo enquadramento no planeamento de transportes. São também identificados e apresentados sumariamente os vários indicadores de acessibilidade utilizados no desenvolvimento dos trabalhos. Na secção 3 descrevem-se os principais aspetos associados à construção do modelo, nomeadamente do submodelo da rede rodoviária e das várias fases deste. Na secção 4 apresentam-se alguns dos resultados obtidos. Por último na quinta secção apresentam-se as conclusões e identificam-se as perspetivas para desenvolvimentos futuros. Por fim apresentam-se os agradecimentos e por fim as referências bibliográficas.

2 NOÇÕES SOBRE ACESSIBILIDADE

O conceito de *Acessibilidade* associado ao planeamento de transportes caracteriza a facilidade com que se consegue alcançar bens, serviços e destinos. Estas três componentes juntas estão relacionadas com o conceito de *Oportunidade*. Deste modo, a *Acessibilidade* também é vista como a facilidade em alcançar oportunidades. Pode ser definido, segundo Hansen ([2]) e Engwicht ([3]) como o potencial para a interação e troca. Por exemplo, mercearias e supermercados providenciam o acesso a alimentos. Bibliotecas disponibilizam o acesso à informação. Caminhos, estradas e aeroportos dão acesso a destinos, e conseqüentemente, às atividades (também consideradas como oportunidades).

A *Acessibilidade* pode ser definida em termos:

- Efetiva: atividades e oportunidades que são atingidas.
- Potencial: oportunidades que podem ser alcançadas,

O acesso às atividades é o objetivo primordial dos Transportes. Por outras palavras, pode dizer-se que os Transportes correspondem a uma procura derivada ou secundária, constituindo-se as atividades e as oportunidades na procura principal dos residentes e da população em geral (existem situações de exceção nas quais a mobilidade é o principal objetivo – por exemplo, algum tipo de viagens de lazer).

A acessibilidade rodoviária é analisada, frequentemente, mas segundo perspetivas sectoriais específicas (e por vezes limitativas):

- No âmbito do planeamento de transporte, geralmente, evidenciam mais a vertente da mobilidade, principalmente no transporte individual, uma vez que consideram fixas as localizações das atividades;
- No âmbito do planeamento dos usos dos solos, focalizam a acessibilidade geográfica (distância física entre atividades), esquecendo por vezes as questões relacionadas com a mobilidade;
- Os especialistas em comunicação concentram-se na qualidade das telecomunicações, como por exemplo, verificar a quantidade de habitações que têm acesso à televisão por cabo, telefone, e serviços de Internet;
- O planeamento da distribuição dos equipamentos e serviços sociais para apoio às populações, desenvolve-se por vezes sem ter em conta as opções de acessibilidade para grupos sociais específicos (por exemplo, não tendo em conta as ofertas reais de transportes, ou o caso de pessoas com mobilidade reduzida ou a existência de outras dificuldades regionais específicas).

Segundo Litman ([4]), as palavras acessibilidade e acesso podem ter vários significados e pressuposições. No caso dos sistemas de transportes, a acessibilidade, no geral, deve ser entendida como o acesso físico fácil a bens, serviços e destinos. No entanto, para a engenharia rodoviária, o acesso é traduzido como a ligação às

propriedades adjacentes. As estradas com acesso limitado (vias rápidas e autoestradas) implicam poucas ligações às parcelas e edifícios adjacentes, por outro lado as estradas locais fornecem um acesso direto às propriedades adjacentes.

No caso do planeamento das infraestruturas pedonais, a acessibilidade refere-se à facilidade em projetar serviços que sejam direcionados para os utilizadores com mobilidade reduzida, nomeadamente na garantia da eliminação de barreiras às pessoas com limitações físicas. No planeamento social, a acessibilidade é a capacidade que as pessoas têm em utilizar e usufruir dos serviços e oportunidades que estão à sua disposição ([4]).

O modo como um determinado sistema de transporte é avaliado afeta significativamente as decisões relativas à sua gestão e ao planeamento operacional e estratégico. Por exemplo, se o sistema rodoviário for avaliado com base nas condições do veículo em viagem (velocidade praticada, classificações dos níveis de serviço, estado da rodovia, atrasos de congestionamento), a única maneira de melhorar a qualidade do sistema em causa é melhorar as estradas. Se o sistema de transporte é avaliado com base na mobilidade (circulação de pessoas e bens), então é importante ter em conta as melhorias no âmbito dos serviços

de transporte público e outros sistemas associados, devendo ser tidas em atenção as cadeias de viagem dos utilizadores em vez da performance ou desempenho dos subsistemas específicos. Por último, se o sistema de transporte é analisado com base na acessibilidade (capacidade das pessoas em alcançar os bens, serviços e atividades desejadas); para além da análise e melhorias da mobilidade rodoviária e dos transportes em geral (como as condições de circulação pedonal, modos leves, etc.), devem ser equacionadas as questões relacionadas com os padrões de usos de solo, que podem ser otimizados de modo a reorganizar e otimizar os padrões de oferta de equipamentos e serviços sociais, encurtando desta forma as distâncias de viagem e a acessibilidade a essas atividades. Numa fase mais avançada de reorganização, podem também ser estudados outros tipos de serviços, como a alteração dos paradigmas de entrega de mercadorias (por exemplo, a logística urbana) e o teletrabalho, de modo a substituir certas deslocações e a eliminar algumas barreiras de acessibilidade.

No capítulo 3 do estudo original ([6]) de suporte a esta comunicação, procedeu-se a uma análise relativamente aprofundada das várias noções de acessibilidade, tendo em conta a sua relevância para o planeamento rodoviário ao nível regional e nacional. Foram também identificados com sucesso um conjunto de indicadores passíveis de serem utilizados nas análises desenvolvidas.

2.1 Indicadores de Acessibilidade Propostos

De entre o vasto leque de indicadores de acessibilidade analisados no estudo ([6]) referido antes, para a presente comunicação, por questões práticas, optou-se por apresentar somente os resultados para alguns deles. Deve-se também ter em atenção que o principal objetivo do trabalho foi o de construir um modelo base (que pode suportar múltiplos tipos de análise), e não propriamente o de apresentar soluções definitivas para problemas concretos de avaliação de acessibilidade. Esse poderá ser um próximo passo, pós-operacionalização do modelo.

Optou-se no fundo por identificar um conjunto de indicadores, uns mais simples, outros um pouco mais elaborados que, numa análise imediata permitem tirar conclusões válidas acerca das capacidades do modelo construído, mas que permitem também tirar conclusões importantes acerca da acessibilidade regional e nacional em Moçambique, nomeadamente através da comparação da realidade entre as diversas províncias, e entre o interior e o litoral, ou entre o norte e o sul do país. No fundo, os indicadores escolhidos são uma proposta para a análise



Fig.2. Componentes da Acessibilidade nos Transportes

(fonte: adaptação de Farias ([5]))

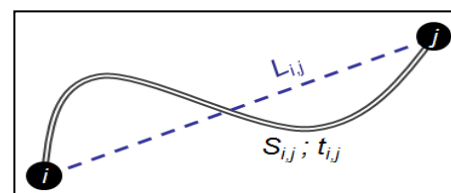


Fig.3. Representação esquemática da ligação entre as localidades i e j

genérica das acessibilidades em Moçambique e devem servir de referência e base para a caracterização futura de outras matrizes de análise de acessibilidade, face a objetivos (e metas) específicos, a definir a nível tático ou estratégico.

Indicador de Sinuosidade (IS) e Velocidade Equivalente Reta (VER)

O Índice ou Indicador de Sinuosidade (IS) traduz o rácio entre a distância real de deslocação e a distância em linha reta, entre duas localidades. Deste modo, este indicador é um indicador “geométrico”, que não tem em consideração a procura, ou o volume de tráfego entre pares O/D. Trata-se portanto de um indicador que quantifica a acessibilidade geográfica entre dois pontos i e j.

Para o cálculo do Índice de Sinuosidade, aplica-se a seguinte expressão:

$$IS_{i,j} = \frac{S_{i,j}}{L_{i,j}} \geq 1 \quad \begin{array}{l} \text{Em que:} \\ S_{i,j} - \text{Distância real de deslocação ou espaço percorrido entre i e j} \\ L_{i,j} - \text{Distância em linha reta entre i e j} \end{array} \quad (1)$$

O indicador Velocidade Equivalente Reta (VER) - Fig. 3 - traduz a velocidade a que seria efetuada a ligação entre duas localidades se, para um tempo de percurso igual ao real esta fosse realizada em linha reta. No fundo, é um indicador que representa a acessibilidade ponderada pela qualidade da via, sendo por isso também um indicador de mobilidade. Por outras palavras a Velocidade Equivalente Reta seria, como o próprio nome indica, a velocidade média da viagem caso o percurso entre dois pontos extremos fosse efetuado em linha reta.

$$VER_{i,j} = \frac{\text{Distância em Linha Recta}_{i,j}}{\text{Tempo de Percurso Real}_{i,j}} \quad (2)$$

Indicadores agregados calculados a partir da distribuição de variáveis socioeconómicas e baseados em geoprocessamento SIG¹

Este tipo de indicador pode considerar-se como a ‘geração seguinte’ aos indicadores de oportunidade discretos apresentados, por exemplo, por Gutierrez e Urbano ([7]) e usados em diversos estudos na União Europeia para quantificar os ganhos de acessibilidade e de coesão regional resultantes da melhoria das redes transeuropeias.

No fundo, as variáveis socioeconómicas devem ser modeladas de forma desagregada no território, sendo cruzadas, através de geoprocessamento, com um conjunto de “coroas” geradas através de isolinhas de impedância (tempo, distância, ou custo generalizado), obtidas a partir da análise da performance da rede viária. Deste modo origina-se uma distribuição de “coroas” de acessibilidade, como se pode observar no exemplo muito simples apresentado na figura 4.

Por exemplo, admitindo que a partir de uma localidade A se estuda a acessibilidade demográfica potencial até 4 horas de viagem (ver a figura 4), deste modo, é possível saber qual a distribuição da população para cada um dos intervalos de tempo definidos e partir desta distribuição obter um conjunto de indicadores de acessibilidade potencial importantes.

A cada “coroa”, formada, neste exemplo, a partir das isócronas, associa-se uma impedância média (no caso, o tempo médio da “coroa”). Surge desta forma um primeiro indicador, obtido por coroa, com a designação de *Tempo Médio Ponderado distribuído* (TMPd). Com base nos valores do TMPd (no exemplo, 4 valores, a saber: 30, 90, 150 e 210 min.) e conhecendo a distribuição da variável socioeconómica associada às várias “coroas” (no exemplo, a população), é possível obter o *Tempo Médio Ponderado* (TMP_A) a partir do ponto de origem (neste caso, Localidade A). A variável socioeconómica pode ser definida com base em fatores demográficos (população), fatores económicos (riqueza – PIB, número de empregos – análise urbana) ou outros fatores específicos. Nos cálculos intermédios utilizam-se técnicas de geoprocessamento em SIG para fazer a intersecção das isócronas com as várias divisões administrativas existentes.

¹ A formulação proposta tem sido desenvolvida e aplicada autonomamente pelo primeiro autor no âmbito académico em que desenvolve a sua atividade e em vários estudos de acessibilidade, assentando em conceitos originais desenvolvidos com base em técnicas de geoprocessamento. Referem-se nomeadamente os indicadores TMP e IGA. Para mais detalhes consultar a referência [6].

Neste caso, após a intersecção das isócronas com a distribuição da população na zona em redor da Localidade A (até às 4 horas de viagem), obteve-se o seguinte resultado:

Com base nestes dados, pode concluir-se que a população está mais concentrada logo nas primeiras “coroas” de tempo. No entanto para se obter uma ideia mais fidedigna, convém determinar o indicador agregado já referido, o Tempo Médio Ponderado (TMP) da localidade, cuja expressão se apresenta.

Para a Localidade A obteve-se um TMP de 83,33 minutos para a acessibilidade rodoviária até 4 horas de viagem, calculado com base na distribuição da população. Ou seja, o “habitante médio” em termos de acessibilidade está situado na segunda “coroa”, a cerca de 1 hora e 20 minutos do polo gerador das isócronas definidas. No entanto, este indicador apresenta uma inconsistência. O seu valor quantifica a questão da ‘mobilidade’, mas não quantifica totalmente o potencial de acessibilidade, porque ignora o valor, em termos absolutos, das populações alcançadas.²

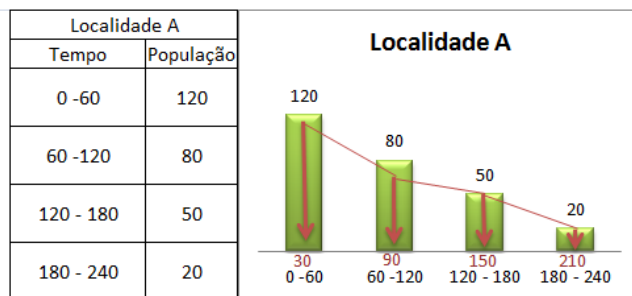


Fig.4. Distribuição das “coroas” de acessibilidade ao território, a partir da localidade A

$$\therefore TMP_{Localidade A} = \frac{\sum TMD_d \times População_d}{\sum População} = \frac{22.500}{270} = 83,33 \text{ minutos} \quad (3)$$

Indicador Global Agregado (IGA)

A partir do indicador TMP é possível calcular um indicador adicional, o Indicador Global Agregado (IGA), mais abrangente do que o anterior, e que entra em conta com as questões relacionadas com o valor absoluto das oportunidades alcançadas (ver nota de rodapé anterior).

Assim, propõe-se a utilização do Indicador Global Agregado (IGA), que é o quociente entre o somatório total da variável socioeconómica em apreço e o respetivo Tempo Médio Ponderado. O valor encontrado deve ser interpretado como o número de habitantes alcançados por cada minuto médio (de TMP) de acessibilidade. Ou seja, pode também ser encarado como um gradiente de acessibilidade potencial (oportunidades alcançáveis) face à mobilidade potencial média (tempo de viagem). O IGA é um indicador proposto pelo primeiro autor da comunicação.

$$IGA = \frac{\sum População}{TMP} = \frac{270}{83,33} = 3,45 \quad (4)$$

3 CONSTRUÇÃO DO MODELO DA REDE RODVIÁRIA

O processo de planeamento de transportes bem como a análise das acessibilidades exige, em geral, uma quantidade de informação considerável. Não apenas as informações que estão relacionadas com os próprios sistemas de transportes, mas também as que estão associadas às questões socioeconómicas, que por sua vez constituem as fontes que geram a procura por transporte.

Para efetuar a análise das acessibilidades da rede rodoviária de Moçambique, foi necessário construir um modelo de análise com base num SIG (neste caso, utilizando a ferramenta ArcGis 9.3). Este modelo é composto por um submodelo da rede rodoviária, incluindo vários níveis de informação e por submodelos de representação demográfica e socioeconómica, abrangendo toda a área em estudo, neste caso a totalidade do país.

Descreve-se sucintamente as várias etapas que levaram à construção do submodelo da rede rodoviária.

² O mesmo TMP de 83,33 minutos pode ser calculado em relação a uma população de referência de 270.000 habitantes, ou em relação a uma população de referência de 2.700.000 de habitantes, não sendo possível quantificar que no segundo caso a acessibilidade é 10 vezes superior, para as mesmas 4 horas.



Fig.5. Sequência de etapas para a construção do submodelo da rede rodoviária de Moçambique

A construção do submodelo da rede rodoviária foi baseada nas primitivas geográficas gentilmente facultados (em *shapefile*) pela ANE. Desta forma, a primeira fase, de inventariação e recolha de dados da rede, nomeadamente dos eixos de via, e a sua caracterização, correspondeu essencialmente à verificação, validação e criação de alguns eixos adicionais que estavam em falta nos elementos fornecidos.

De seguida procedeu-se à criação de uma rede inicial (em Network Analyst do ArcGIS 9.3) e à verificação da topologia. Na figura apresenta-se a rede inicial, com os erros topológicos (à esquerda) e a rede com os erros corrigidos (à direita):

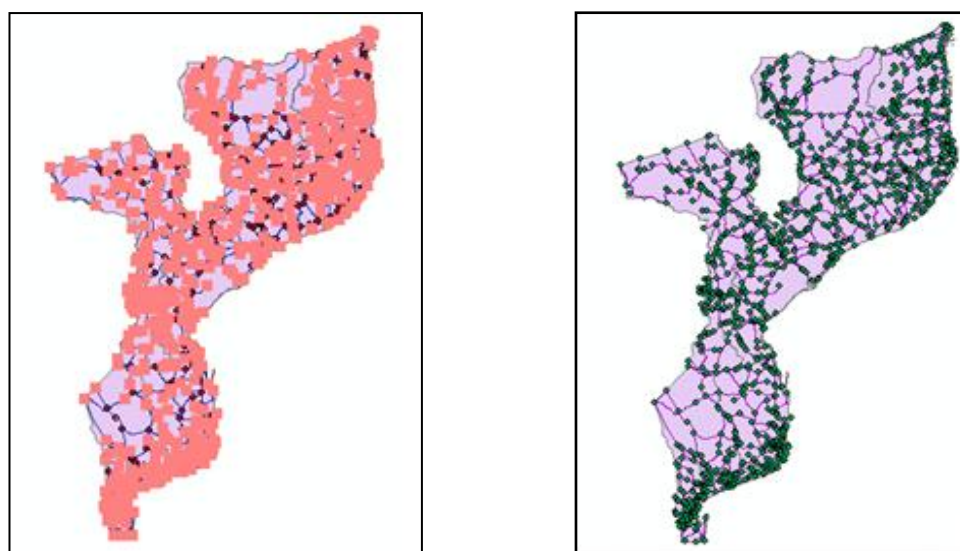


Fig.6. Rede original com erros de topologia e rede corrigida

O inventário dos arcos com a topologia corrigida é composto por cerca de 1.461 arcos, no formato de linhas poligonais. A hierarquia inicialmente proposta pela ANE foi mantida, sendo a seguinte:

- Estradas Primárias;
- Estradas Secundárias;
- Estradas Terciárias;
- Estradas Vicinais;
- Não Classificadas;
- Outras Estradas.

Dando continuidade às correções iniciadas com a definição da topologia e através da criação do primeiro protótipo da rede rodoviária, verificou-se o surgimento de outro tipo de desconformidades, como por exemplo, os tempos de percurso entre os pares O/D e a escolha (no modelo) dos próprios caminhos de viagem, que não estavam de acordo com a realidade.

Devido à necessidade de recolha de informação adicional para colmatar as lacunas anteriores, a segunda autora esteve em Moçambique cerca de 15 dias, no final de Agosto de 2011. Nesse período efetuou um conjunto de inquéritos informais e entrevistas a peritos da ANE e outros peritos na área rodoviária, nas quais tentou recolher o maior número possível de informações e dados que permitissem a validação das configurações da rede rodoviária e a sua posterior calibração fina. Como já foi referido, confirmou-se que existiam discrepâncias importantes entre algumas opções de viagem indicadas pelo modelo (caminhos e tempos) e os praticados na realidade. Na sequência dos trabalhos de campo efetuados e das discrepâncias detetadas, procedeu-se à fase de correção dos arcos (terceira fase) e depois à calibração fina das velocidades de circulação (quarta fase).

Devido à complexidade e extensão dos trabalhos de correção e de calibração, não é possível fazer uma descrição exaustiva dos mesmos. Apresenta-se, a título exemplificativo o mapa com a identificação das correções efetuadas nas estradas primárias. Uma leitura mais detalhada em relação ao processo das correções e todo o restante trabalho poderá ser efetuada em Govan ([6]).

Depois das correções dos percursos entre as várias origens e destinos testados, passou-se à verificação dos tempos de percurso entre localidades e à calibração do submodelo de rede para que estes ficassem muito próximos dos valores reais (registados nos inquéritos e reuniões com peritos efetuadas em Moçambique).

Numa primeira análise as rotas surgiram com tempos de percurso elevados e desadequados da realidade. Para resolver estes problemas optou-se por efetuar a calibração fina das velocidades. Isto porque cada arco ou estrada da rede, para além de estar classificado na hierarquia viária, pode ter especificidades próprias. Nem todas as vias estão pavimentadas, as condições que oferecem aos condutores não são sempre as mesmas, etc.. Ou seja, a rede rodoviária de Moçambique não se encontra totalmente homogeneizada em termos de pavimentação e outras características, como larguras de estrada, tipos de bermas, velocidades praticáveis, etc.

Optou-se por criar uma matriz que permitisse cruzar o tipo de pavimento com as condições de circulação indicadas pela ANE e a partir deste cruzamento definir depois um conjunto de velocidades médias que gerassem tempos de viagem aceitáveis para um conjunto elevado de pares O/D. Apresentam-se as velocidades definidas para as Estradas Principais.

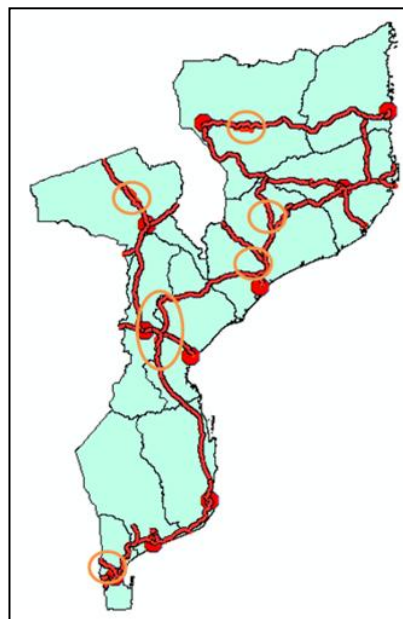


Fig.8. Discrepâncias nos percursos das Estradas Primárias

Quadro 3. Calibração da velocidade para as Estradas Primárias, com base no tipo de pavimentos e no seu estado

Estradas Primárias	Pavimento	Velocidades	Estradas Primárias	Condições	Velocidades	Estradas Primárias Combinação entre Pav./Cond.	Pavimento	Condições	Velocidades
		Paved		75			Boas	75	
	Gravel	65		Razoáveis	75		Razoáveis	75	
	Earth	55		Fracas	65		Fracas	70	
	Ferry	60		Má	55		Má	65	
	Desconhecido	50		Intransitáveis	50		Intransitáveis	62,5	

4 RESULTADOS: INDICADORES DE ACESSIBILIDADE

Na presente secção apresentam-se alguns dos indicadores de acessibilidade genéricos obtidos. Uma consulta da totalidade das análises feitas pode ser efetuada em Govan ([6]).

Apresenta-se o resultado agregado do Indicador de Sinuosidade (Fig. 9), calculado para as dez províncias moçambicanas (sempre com as capitais de província como ponto de referência). O cálculo foi efetuado com base no valor médio do IS de cada província, obtido através do valor dos IS para todas as outras províncias.

O correspondente valor médio da Velocidade

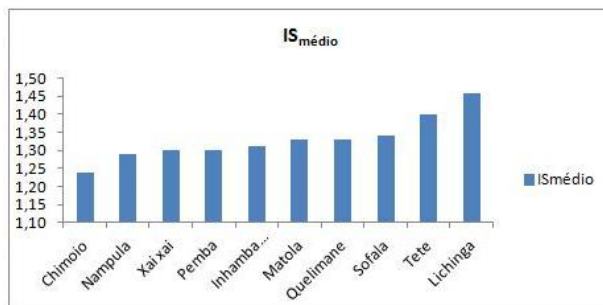


Fig.9. Valor agregado do Indicador de Sinuosidade a partir das capitais de província

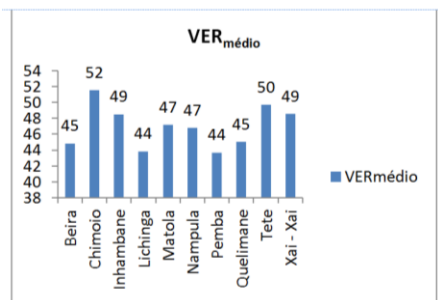


Fig.10. VER_{médio} a partir de cada capitais de província (em km/h)

Equivalente Reta (Fig. 10) pode ser obtido com base nas VER das ligações de cada capital de província às restantes capitais (nove valores de VER a partir de cada capital de província) e, por sua vez, estes valores são calculados através dos respetivos IS e da matriz de tempos de viagem obtida no modelo da rede, para os respetivos pares O/D.

Apresentam-se vários resultados relativos aos indicadores de acessibilidade demográfica obtidos com recurso ao geoprocessamento. Estes indicadores foram definidos a partir das capitais de província e calculados usando o tempo de viagem como impedância da rede. Foram também efetuados cálculos semelhantes para a acessibilidade económica com base no PIB, cujos resultados podem ser consultados em Govan ([6]).

Utilizando as capacidades de geoprocessamento do ArcGIS, procedeu-se da seguinte forma:

- Determinação da densidade populacional de cada distrito, com base nos resultados do terceiro recenseamento geral da população e habitação em Moçambique – Censos 2007;
- Cálculo, a partir das capitais de província, das isócronas e respetivas coroas de acessibilidade. Na análise genérica que se desenvolveu, optou-se pelos seguintes intervalos de tempo: [0 - 60], [60 – 120], [120 - 180], [180 – 240], [360 – 480] e [480 – 960] minutos;
- Intersecção entre os distritos e as coroas de acessibilidade correspondentes às isócronas (Fig. 11).
- Cálculo da população das coroas de acessibilidade (Fig. 12).

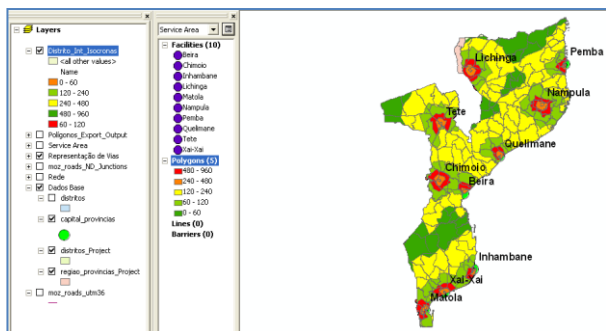


Fig.11. Intersecção entre as coroas de acessibilidade e os distritos

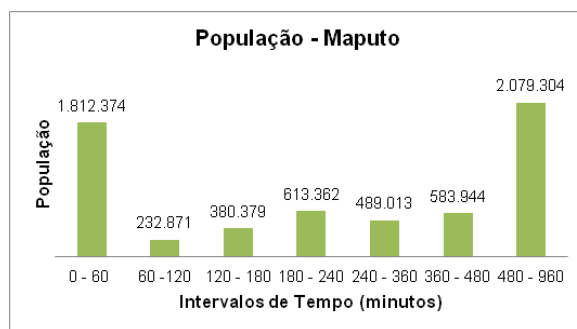


Fig.12. Gráfico de distribuição da acessibilidade demográfica, a partir de Matola

- Identificação de padrões de distribuição da população;
- Cálculo do Tempo Médio Ponderado (TMP) pela Distribuição da População para 960 minutos (16 horas) – Fig. 13;

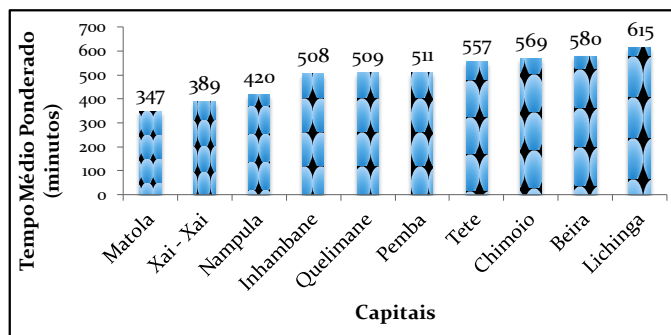


Fig.13. Tempo Médio Ponderado a partir de cada uma das dez províncias

- Cálculo do Indicador Global Agregado e do rácio entre o IGA de cada província e o valor médio do IGA para Moçambique

Sendo o valor do IGA o gradiente da mobilidade em relação à população alcançada (neste caso obtido com base no tempo de viagem), quanto maior for o seu valor, melhor é a acessibilidade global ponderada. Neste caso, podemos verificar que a província de Nampula é aquela que apresenta melhores acessibilidades globais para a análise genérica efetuada, 40% acima da média nacional. As províncias de Inhambane e de Maputo (capital da província de Maputo - Matola) são aquelas que apresentam piores níveis de acessibilidade. Esta situação verifica-se por motivos em parte diferentes. No caso de Matola, a localização geográfica extrema em relação a todo o restante território moçambicano é grandemente responsável pelo resultado encontrado.

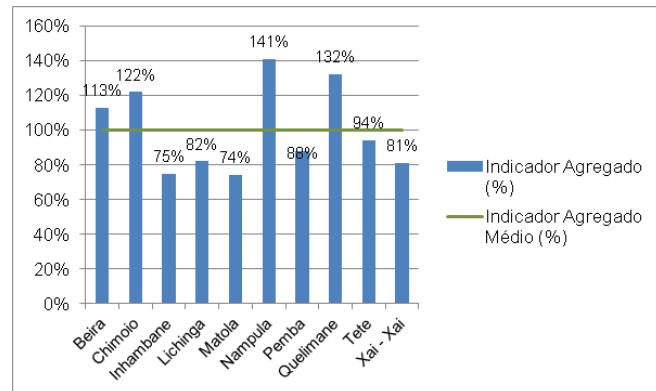


Fig.14. Comparação entre os IGA's das províncias e o valor nacional (100%), em percentagem

5 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Com a realização do estudo e modelos apresentados na presente comunicação podemos concluir que:

- Com base nos dados fornecidos pela ANE foi possível, após algumas adaptações e depois de construir uma topologia de rede, criar um modelo da Rede Rodoviária Nacional de Moçambique, incluindo informações detalhadas sobre o tipo de pavimento, estado do mesmo e sobre a velocidade média adequada à construção do modelo de acessibilidade;
- Através da extensão da rede (inclusão de novos arcos) e de um conjunto de outras melhorias, foi possível operacionalizar e validar o modelo com sucesso;
- Adicionalmente, e com base num conjunto de inquéritos informais e entrevistas realizadas a peritos em Moçambique foi também possível obter um conjunto alargado de informações acerca do tempo de viagem entra vários pares O/D;
- Com base nesses inquéritos procedeu-se à calibração fina do modelo, através do 'afinamento' das velocidades nos arcos dos vários tipos de estradas (das principais às terciárias) e à melhoria e adequação dos tempos de viagem nos pares O/D;

Por outro lado, procedeu-se a uma análise relativamente aprofundada das várias noções de acessibilidade, tendo em conta a sua relevância para o planeamento rodoviário ao nível regional e nacional. Foi identificado com sucesso um conjunto de indicadores passíveis de serem utilizados nas análises, podendo-se concluir que:

- Os indicadores escolhidos são exequíveis do ponto de vista prático, não sendo o seu cálculo demasiado complexo;
- Foi efetuada com sucesso uma análise genérica, suportada no tempo de viagem como impedância, que permitiu analisar e quantificar um conjunto alargado de indicadores de acessibilidade geográfica (populações) e económica (PIB, estes últimos não apresentadas nesta comunicação);
- Com base nas análises efetuadas podem retirar-se de imediato algumas conclusões em relação ao tipo de acessibilidade existente atualmente, nomeadamente em relação às diferenças de potencial (de acessibilidade nacional) que as várias regiões de Moçambique apresentam, face à rede rodoviária existente atualmente.

Em termos de perspetivas futuras, considera-se que o modelo desenvolvido é conceptualmente adequado e tem um excelente potencial para o suporte a estudos de acessibilidade sectorial ou regional em Moçambique. Isto não significa que o modelo não possa vir a ser melhorado, nomeadamente nos parâmetros de distribuição da

população e da riqueza (PIB, neste caso), que atualmente consideram uma distribuição uniforme em todo o território.

Ao nível operacional (da modelação), é desejável efetuar a automatização das análises e do cálculo dos indicadores de acessibilidade, o que poderá ser feito através da ferramenta Model Builder (do SIG ArcGIS). A automatização dos processos de cálculo através de macros e da programação permitirá efetuar análises de cenários alternativos de desenvolvimento de forma muito célere e comparar diversas soluções em termos de acessibilidades, ajudando em tempo útil o decisor a optar por aqueles cenários que são mais eficazes do ponto de vista da acessibilidade e equidade.

Voltando à rede rodoviária, os modelos propostos permitirão também localizar e identificar alguns troços de infraestrutura atualmente em falta (*missing links*), considerados fundamentais para garantir níveis de acessibilidades adequados para garantir a viabilidade do transporte regional e internacional de mercadorias e pessoas, de modo a potenciar o esperado desenvolvimento económico e social de Moçambique no Século XXI.

Existe também, a possibilidade de fazer a integração multimodal, nomeadamente com o modo ferroviário e eventualmente, aéreo e marítimo, incluindo a simulação de ligações aéreas e portuárias. Ou seja, é perfeitamente viável a nível tecnológico fazer o *upgrade* para um modelo de transporte multimodal, através do aperfeiçoamento da modelação (em rede multimodal) e da inclusão de novos dados setoriais, permitindo assim a análise de acessibilidade intermodal (por exemplo, para transporte intermodal: camião-comboio-camião-porto de mar).

Os modelos desenvolvidos abrem portas para o estudo técnico de uma multiplicidade de problemas relacionados com o planeamento rodoviário dos próprios sistemas de transporte regionais e nacionais, mas também da relocalização de equipamentos económicos e sociais, de forma a melhor servir as indústrias e populações de Moçambique.

6 AGRADECIMENTOS

Para a construção dos modelos desenvolvidos contribuiu significativamente a colaboração de duas instituições moçambicanas, a ANE (Administração Nacional de Estradas) e o CENACARTA, que facultaram os seus inventários de informação sobre a rede rodoviária moçambicana, a qual incluía os arcos da rede rodoviária, em formato *shapefile*. Um agradecimento especial ao Engenheiro Aníbal Nvunga e ao Geógrafo José Bonde, da Administração Nacional de Estradas pela disponibilidade e apoio no esclarecimento de dúvidas e transmissão de informação fundamental para a calibração do submodelo rodoviário.

7 REFERÊNCIAS

1. Administração Nacional de Estradas, *Caderno do Sistema Administrativo de Moçambique*, Portal da Administração Nacional de Estradas, 2009. Disponível em <http://ane.gov.mz>.
2. W.G. Hansen, How Accessibility Shapes Land Use, *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 35, No. 2, pp. 73-76, 1959.
3. D. Engwicht, *Reclaiming Our Cities and Towns: Better Living with Less Traffic*, New Society Publishers, 1993.
4. T. A. LITMAN, *Evaluating Accessibility for Transport Planning*, Victoria Transport Policy Institute, 2011.
5. T. Farias, *Tecnologia Automóvel e os Desafios Energéticos – Caso de Estudo: Mobilidade Associada ao Edifício Municipal do Campo Grande*, Lisboa e-nova, 2010. Disponível em: www.lisboaenova.org.
6. V. Govan, *Modelos de Análise de Acessibilidade Rodoviária em SIG – Aplicação ao caso de Moçambique*, Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, ISEL, 2012. Disponível em: http://issuu.com/pjmm/docs/modelosacessibilidaderodomocambique_vidhiagovan/1.
7. J. Gutierrez e P. Urban, Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network, *Journal of Transport Geography*, v. 4, n. 1, p. 15-25, 1996.