

Sistema de informações geográficas na definição de corredores ecológicos para o município de Conceição da Barra - ES

Renan Taufner Altoé¹
Julio Cesar de Oliveira²
Carlos Antônio Álvares Soares Ribeiro³

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV
36571-000 - Viçosa – MG, Brasil
renanaaltoe@gmail.com¹
oliveirajc@ufv.br²
cribeiro@ufv.br³

Abstract. This study has as objective maps the landuse, and being used of a GIS, to indicate the best route for ecological corridors interconnecting the most important forest fragments of the municipal district of Conceição da Barra, state of the Espírito Santo, in Brazil. Analyzing the map of landuse obtained through the digital image classification, it is noted the presence of four fragments, which correspond to conservation units, which were chosen for us to be interlinked. In the corridors definition it was used the way of smaller accumulated cost theory, computed on a surface of costs obtained by the consideration of landuse classes. Soon afterwards being applied the minimum generating tree model, it was obtained the optimal network of corridors interconnecting direct or indirectly the four fragments.

Keywords: remote sensing, forest fragment, geographic information system, ecological corridors, sensoriamento remoto, fragmentos florestais, sistema de informações geográficas, corredores ecológicos.

1. Introdução

A Mata Atlântica é uma floresta tropical associada a diversos ecossistemas e desenvolve-se pelo litoral das regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil, com extensões variadas avançando para o interior. As florestas tropicais constituem ecossistemas com a maior diversidade biológica de todo o planeta, resultado do clima e da altitude ao longo de toda a sua extensão original. A maior parte das espécies da fauna e flora endêmicas à Mata Atlântica estão ameaçadas de extinção, conseqüência da ação antrópica que reduziu a floresta a cerca de 5% da cobertura original, desde a época do descobrimento (Consórcio Mata Atlântica-UNICAMP, 1992). Atualmente, mais da metade da população brasileira, cerca de 100 milhões de pessoas, habitam a área correspondente à Mata Atlântica, aproximadamente 2.000.000 Km² (Pereira, 1999). Segundo levantamento do SOS MATA ATLÂNTICA/INPE entre os 4.000.000 ha de cobertura original existe atualmente no estado do Espírito Santo, aproximadamente 350.000 ha (cerca de 8% da área original) são de mata fragmentada remanescente, formando “ilhas de mata” isoladas e chamadas de fragmentos florestais.

A importância desses fragmentos se deve ao fato da inexistência de áreas extensas de mata nativa. Eles são responsáveis por manter a diversidade de espécies, cada vez mais comprometida pela ação do homem, além da conservação dos recursos hídricos. Cada fragmento possui características que limitam a sua utilização para conservação da diversidade biológica. Fatores como, tamanho, forma, localização e grau de isolamento são de grande relevância no processo de tomada de decisão para a escolha dos fragmentos mais importantes (Pereira, 1999).

Grande parte dos fragmentos remanescentes de Mata Atlântica é de propriedade privada e foram preservados em atendimento à legislação. São numerosos e possuem reduzida área contínua. Os fragmentos de maior área contínua são poucos e constituem unidades de

conservação em forma de reservas biológicas ou parques. Segundo Brites (1998), o isolamento entre os fragmentos constitui uma barreira muitas vezes intransponível para diversas espécies. Promover a interligação entre esses fragmentos é o mesmo que integrar suas respectivas áreas, reduzindo o grau de isolamento e formando uma grande porção de área contínua. Tal fato permite a movimentação da fauna silvestre entre fragmentos, o que facilita em muito o fluxo genético e a dispersão de sementes, a sobrevivência de espécies territorialistas e a diminuição da taxa de extinção.

2. Objetivos

- Definir corredores ecológicos utilizando-se de um sistema de informações geográficas, a fim de favorecer a troca genética entre os fragmentos florestais isolados no município de Conceição da Barra, ES.
- Verificar a aplicação do mapa de uso do solo produzido pela classificação de uma subcena de uma imagem ETM+/Landsat 7, na proposição de corredores ecológicos;
- Determinar a área total ocupada por Mata Atlântica e outros usos, no município.

3. Material e Métodos

3.1. Região de Estudo

O município de Conceição da Barra está localizado no extremo norte do Estado do Espírito Santo. O município é representado pelas coordenadas planas UTM (391307,7983965 N) e (429773,7929886 E) em metros no datum sul-americano SAD-69, zona 24, meridiano central 39, compreendendo uma área de 118.804,0 ha. Esta localização está situado na região de abrangência do Projeto de implantação do Corredor Central da Mata Atlântica, integrante do Sub-Programa Corredores Ecológicos, do Programa Piloto para as Florestas Tropicais Brasileiras do PPG-7 e possui cinco unidades de conservação (UC's), correspondendo a aproximadamente 13,25% de seu território (15.741,45 ha), constituindo importantes refúgios de vida silvestre (IPEMA, 2004).

3.2. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

O mapa temático do uso e ocupação do solo foi elaborado através da classificação de uma subcena da imagem ETM+/Landsat-7 (órbita/ponto 215/73), referente à data de 21/04/2001, onde todos os procedimentos foram executados no SIG IDRISI32 versão I32. Neste etapa, foi extraído os dados referentes à sete categorias de uso e ocupação do solo: Agricultura (*principalmente cana-de-açúcar*), Eucalipto (*diversos estádios de desenvolvimento*), Rio/Lago (*rios, lagos, lagoas, reservatórios*), Mata Nativa, Pastagem, Solo Exposto e Área Urbanizada.

Após a entrada dos dados de imagem no SIG, foi efetuado um recorte da região de interesse, para excluir dados irrelevantes e a redução da quantidade de dados processados, e executado um georreferenciamento utilizando-se 15 pontos de controle, coletados com o auxílio de cartas do IBGE e SUDENE na escala 1/100.000, datum horizontal SAD-69. Após a coleta dos dados, foi efetuada uma análise dos pontos de controle dos 15 pontos coletados 7 apresentaram altos valores de resíduos e foram descartados.

A partir da composição com as bandas 3, 5 e 7 (Red, Green e Blue) foram selecionadas as amostras de treinamento e as amostras-teste a classificação automática do uso do solo na região. Para definição das amostras foram utilizados como referência mapas das unidades de conservação e de propriedades de empresas plantadoras de eucalipto da região, além do conhecimento visual de campo.

O procedimento de classificação digital foi realizado pelo Método Supervisionado por meio do algoritmo de Máxima Verossimilhança e as bandas 2, 3, 4, 5 e 7 do sensor ETM+. Os valores do índice Kappa e da exatidão total encontrados após a avaliação da classificação foram 73,17% e 77,88%, respectivamente.

3.3. Mapas de Hidrografia, Hipsografia e Rede Viária

Os dados relativos à altimetria, rede de drenagem e rede viária foram extraídos das cartas topográficas São Mateus (IBGE, 1979), Montanha (SUDENE, 1976a) e Mucuri (SUDENE, 1976b), todas em escala 1/100.000 e equidistância das curvas de nível de 40 (quarenta) metros. A carta do IBGE foi obtida gratuitamente em formato digital, com todas as feições digitalizadas e editoradas, no sítio virtual do IBGE (www.ibge.gov.br). As cartas da SUDENE foram obtidas em formato analógico, na mapoteca da Biblioteca Central da UFV, e foram rasterizadas utilizando-se um digitalizador de varredura ótica (scanner). Geraram-se quatro arquivos de imagem com extensão TIFF. Procedeu-se o georreferenciamento destas imagens com a identificação de oito pontos de controle que correspondiam ao cruzamento das linhas do canevas, distribuídos de modo a cobrir toda a imagem.

Para a extração das informações relativas às feições correspondentes a cada plano de informação (Altimetria, Rede de Drenagem e Rede Viária), foi realizada a vetorização, gerando-se três arquivos vetoriais que foram importados no SIG.

A fim de definir as áreas de preservação permanente, a rede de drenagem do município foi dividida em rede de drenagem principal e secundária. A rede de drenagem principal é formada pelos principais cursos d'água, e recebe a carga da rede de drenagem secundária, formada pelos afluentes dos cursos principais. Para atender a legislação e considerando que os cursos d'água da rede de drenagem principal, em seu nível mais alto atingido no período de cheia, possuem largura superior a 10 (dez) metros, foram definidas como áreas de preservação permanente aquelas situadas em até 50 (cinquenta) metros de distância ao longo de toda sua extensão. Para isso, foi realizado um *buffer* de 50 (cinquenta) metros em toda a rede de drenagem principal do município. Os cursos d'água que formam a rede de drenagem secundária foram considerados de largura inferior a 10 (dez) metros, em seu nível mais alto, correspondendo a 30 (trinta) metros de área de preservação permanente ao longo de sua extensão. Desta forma, nestes cursos foi efetuado um *buffer* de 30 (trinta) metros constituindo assim elementos para a delimitação das áreas de preservação permanente (APP's).

Também é considerada de preservação permanente a área situada ao redor das nascentes num raio mínimo de cinquenta metros. Para atender a esse critério, foi realizado um *buffer* de 50 (cinquenta) metros ao redor das nascentes representadas pela entidade geométrica ponto.

A malha viária do município é muito extensa, sendo formada em grande parte por estradas vicinais utilizadas na retirada do eucalipto que é plantado na região. Essas estradas não foram consideradas para efeito de análise, sendo para isso, apenas as principais. A faixa marginal às estradas do município foi considerada área de alto potencial de ação antrópica, por ser de fácil acesso e mais vulnerável a incêndios e desmatamentos. Dessa maneira foi feito um *buffer* de 15 (quinze) metros em toda a malha viária do município.

A legislação atual define morro como sendo, “elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade”, e considera como áreas de preservação permanente o terço superior dos morros e as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive. De posse dos dados de altimetria (curvas de nível), foi gerado o modelo de elevação e o posteriormente o mapa de declividades. A acurácia deste mapa é muito baixa, devido à

equidistância das curvas de nível ser de quarenta metros, isso torna imperceptível qualquer variação brusca de declividade em uma região de relevo plano a suavemente ondulado, e não condiciona a verificação da existência de morros, bem como a localização dos seus terço superior. Analisando essas informações, considerou-se a inexistência prática, para fins de preservação, de morros e de encostas com declividade superior a 45°. Assim, a declividade não foi considerada no critério de tomada de decisão para a escolha da localização dos corredores ecológicos na área de estudo.

3.4. Indicação dos Corredores Ecológicos

Para aperfeiçoar a função de um corredor ecológico, este deve interligar fragmentos com importância relativa no contexto paisagístico e ecológico de uma região. Dessa forma, optou-se por interligar as quatro principais unidades de conservação do município de Conceição da Barra: a Reserva Biológica Córrego Grande, a Floresta Nacional do Rio Preto, o Parque Estadual de Itaúnas e a Área de Preservação Ambiental (APA) de Conceição da Barra.

A partir do mapa de uso e ocupação do solo, foi gerado um mapa de classes ponderadas, ou seja, definiram-se pesos de adequabilidade para cada classe temática do mapa de uso e ocupação do solo. As feições com menores pesos definem os melhores caminhos para a passagem dos corredores. Ao final do processo foi gerado uma superfície de atrito onde o maior peso possui o maior custo para a implementação de um corredor ecológico.

Os custos foram definidos em um ranking variando de 1 (custo base) até 1000 (custo extremo), segundo a adequabilidade de cada classe. Classes com maior adequabilidade têm menor custo, e os maiores custo ficam para as classes de menor adequabilidade.

As classes representantes de áreas de solo exposto, fora dos limites do município, área urbanizada, estradas e corpos d'água (rio/lago), foram consideradas como barreiras para a passagem dos corredores, recebendo o custo extremo 1.000. As áreas de pastagem, cultivo agrícola e plantio de eucalipto não são apropriadas por constituírem propriedades privadas e sua aquisição para a formação de corredores ecológicos é bastante complexa, além de ser preciso recuperá-las com o plantio de espécies nativas. Desse modo, foi definido um custo no valor 500 para essas áreas. O custo base 1 foi atribuído às classes representadas por áreas de mata nativa e preservação permanente (zonas ripárias), o que pode ser justificado pelo fato destas serem as mais adequadas para integrar o corredor.

Deve-se observar a não existência de barreiras intransponíveis, ou seja, não foram definidos critérios de exclusão e há a possibilidade de os corredores cruzarem áreas não apropriadas como estradas ou solo exposto. Espera-se, com a definição dos custos, que estas ocorrências sejam eliminadas ou minimizadas.

A partir da superfície de atrito foi calculada uma superfície de custos para cada nó de interligação, equivalente a cada fragmento a ser interligado, utilizando-se para isso o módulo *cost*. Na definição da trajetória dos corredores, foi utilizado o módulo *pathway*, que determina o caminho ótimo entre dois pontos, ou seja, o caminho de menor custo ou esforço.

Os corredores ecológicos de largura equivalente a 200 metros (largura definida com o objetivo de reduzir o efeito borda e aumentar a capacidade de troca genética) foram definidos com base em quatro fragmentos correspondentes às quatro unidades de conservação.

Calcularam-se doze trajetórias de corredores, sendo sempre um fragmento o ponto de partida e os outros três os alvos. Analisando-se a soma do custo unitário das células constituintes de cada corredor, foram selecionados os seis corredores de menor custo de interligação, segundo a superfície de custos gerada. Para a definição da configuração de menor custo que promovesse a interligação direta ou indireta de todos os fragmentos, utilizou-

se do modelo da árvore geradora mínima. Assim foram selecionados os corredores mais adequados, ou de menor custo, para a interligação dos quatro unidades de conservação.

4. Resultados e Discussão

4.1. Uso do solo no município de Conceição da Barra

Foi verificado no mapa gerado com a classificação que a área correspondente a remanescentes da Mata Atlântica no município de Conceição da Barra (**Tabela 1**) é, proporcionalmente, superior ao total do Estado do Espírito Santo. Isso se deve ao fato de o município possuir cinco unidades de conservação totalizando uma área de 15.741,45 ha, e à grande quantidade de áreas de preservação permanente ao longo de cursos d'água. A ocorrência destas é notada em grande parte do território do município, podendo-se afirmar que a legislação ambiental concernente a este item é obedecida.

Tabela 1 – Áreas das classes de uso do solo em Conceição da Barra, resultado da classificação da subcena ETM+/landsat7 (04/2001).

Usos do Solo	Área (ha)	% do Território Municipal
Mata Nativa (fragmentos)	34.251,47	28,83
Eucalipto	35.576,68	29,94
Áreas Agrícolas	12.300,55	10,36
Pastagem	12.812,92	10,79
Área Urbana/Solo Exposto	7.854,01	6,61
Outros Usos	16.008,37	13,47
Total	118.804,00	100,00

4.2. Corredores Ecológicos

Foram definidos três corredores de 200 metros de largura, interligando as quatro principais Unidades de Conservação (**Figura 1**). O corredor A interliga a Reserva Biológica do Córrego Grande à Floresta Nacional do Rio Preto, o corredor B interliga a APA de Conceição da Barra ao Parque Estadual de Itaúnas, e o corredor C interliga a Floresta Nacional do Rio Preto com a APA de Conceição da Barra. Desse modo todos os fragmentos foram interligados direta ou indiretamente. A **Tabela 2** descreve o comprimento e a áreas dos corredores ecológicos interligando as quatro unidades de conservação.

Tabela 2 – Medidas dos três corredores ecológicos definidos.

Corredor	Comprimento (m)	Área (ha)
A	18.865,5	377,31
B	11.133,5	222,67
C	31.156,5	623,13
Total	61.155,5	1.223,11

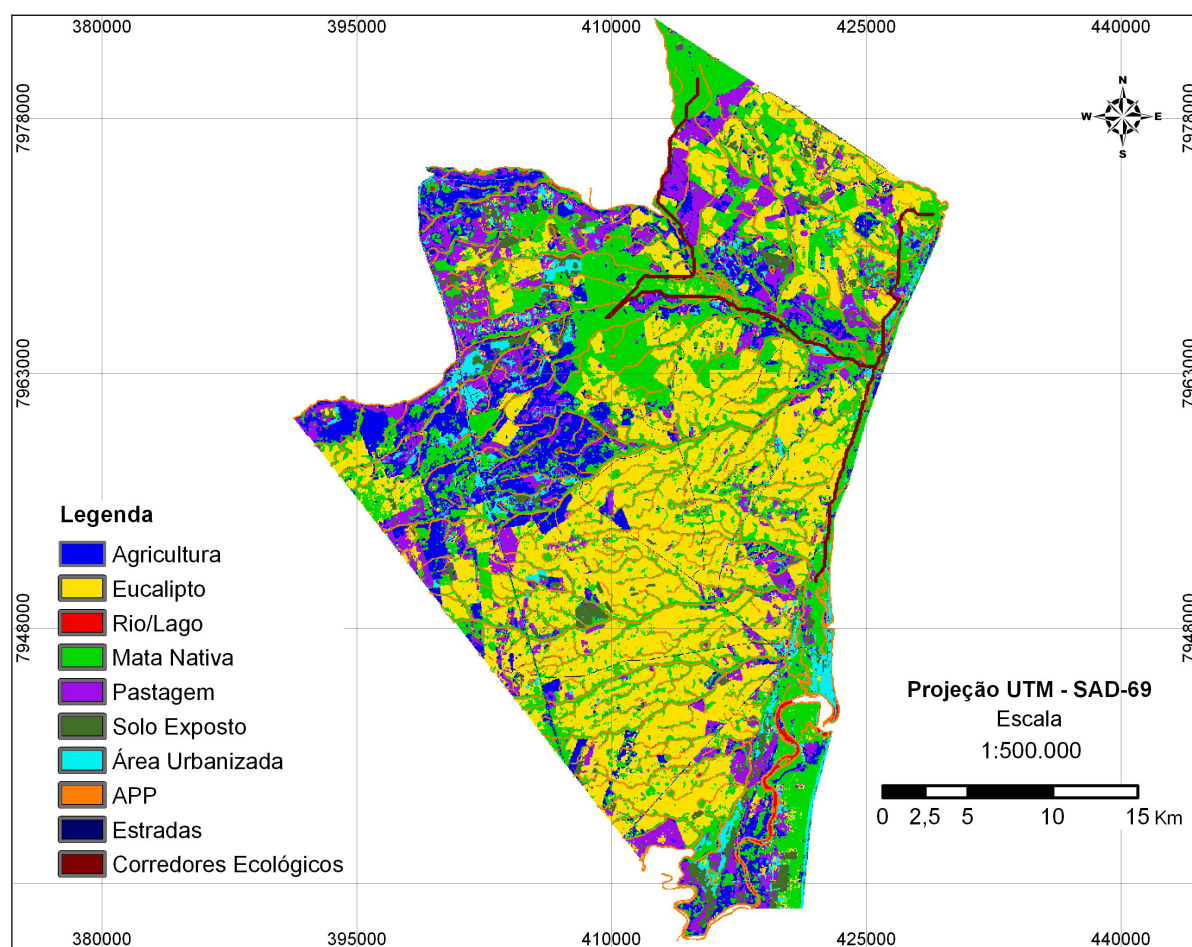


Figura 1 - Uso e ocupação do solo e corredores ecológicos propostos para o município de Conceição da Barra.

A quase totalidade do percurso do corredor está em zonas ripárias. Esperava-se este resultado, uma vez que foram definidos baixos custos para áreas de preservação permanente (APP). Algumas vantagens devem ser ressaltadas desse resultado: o acesso à água e o aproveitamento da APP. Com o acesso à água, a função do corredor será atendida com mais facilidade, pois a água é um atrativo à fauna silvestre. O aproveitamento da APP reduzirá possíveis custos quanto à desapropriação de áreas para o reflorestamento nativo, podendo reduzir a área total a ser recomposta se a APP não estiver degradada.

Da área total dos corredores, 60,30% ou 737,54 ha são cobertos por vegetação nativa, o que reduz bastante os gastos com a recuperação de áreas degradadas para implantação dos corredores.

Para fins de implantação, recomenda-se considerar a largura de 200 metros variável de acordo com as características físicas e ecológicas das regiões ao longo dos corredores. Por exemplo, em áreas de brejo que ocupem grande parte da faixa do corredor, este poderá sofrer um pequeno desvio ou ter sua largura aumentada, garantindo a sua função ecológica.

Analisando o mapa dos corredores (**Figura 1**), foi constatada a ocorrência de cinco pontos de cruzamento entre os corredores e as estradas vicinais secundárias. Estes cruzamentos ocorreram devido ao fato dos dados referentes às estradas do município serem provenientes de levantamentos realizados na década de 70 e por isso não representam em sua totalidade a realidade da área em estudo.

5. Conclusões

O principal propósito desta monografia foi indicar, com o auxílio de um sistema de informações geográficas, corredores ecológicos interligando fragmentos florestais no município de Conceição da Barra - Espírito Santo.

Foi gerado um mapa do uso e ocupação do solo do município e constatou-se que mais da metade da área total do município, cerca de 59%, está coberta por mata nativa (29%) e florestas de eucalipto (30%). De toda a área coberta por mata nativa, cerca de 46% está contida em cinco unidades de conservação. A partir desta estatística foram definidos quatro fragmentos a serem interligados pelos corredores, correspondentes às quatro maiores unidades de conservação. O traçado dos corredores foi calculado utilizando-se o método do caminho de menor custo acumulado, que traça a melhor rota entre dois pontos com base em uma superfície de atrito.

Os corredores são a melhor forma de facilitar o fluxo gênico entre populações de fragmentos isolados, porém a sua determinação por meios computacionais automáticos, como o realizado neste trabalho, deve ser usada apenas para análises prévias de viabilidade. O processo de estabelecimento de um corredor ecológico envolve diversas outras variáveis mais complexas, como a desapropriação de propriedades particulares, a promoção de mudança de comportamento dos autores sociais envolvidos, dentre outras questões sócio-econômicas.

Em trabalhos futuros deve-se considerar o fator declividade, principalmente em regiões de topografia mais irregular, onde existe maior ocorrência de áreas de preservação previstas na legislação. Deve-se procurar obter dados de altimetria (curvas de nível), drenagem fluvial e malha viária com qualidade e atualizadas à realidade da área de estudo.

A produção do mapa de uso e ocupação do solo pode ser aprimorada com o uso de imagens geradas por sensores mais modernos, com resoluções espacial e espectral melhores. Também há a possibilidade do uso de aerofotos não-convencionais (pequeno formato) para o reconhecimento e mapeamento do uso do solo. Estas opções e suas respectivas relações custo/benefício devem ser atentamente analisadas para a escolha da melhor forma de gerar o mapa de uso do solo.

A definição dos pesos para a geração da superfície de atrito pode ser revista, de modo a otimizar os resultados da metodologia. Por exemplo, considerando-se a existência de subclasses, a classe estradas pode ser subdividida em estradas asfaltadas, estradas vicinais principiais e estradas vicinais secundárias, definindo-se custos individuais apropriados, aumentando o nível de detalhamento da superfície de atrito.

A solução ecologicamente correta seria a interligação de todos os fragmentos diretamente entre si, mas essa solução viria a ser inviável economicamente, pois existe um custo elevado para a desapropriação de áreas.

Existem diversas metodologias para a indicação de corredores ecológicos. Deve-se pesquisar a fundo, de maneira a promover a fusão das diferentes idéias garantindo, assim, o aprimoramento do processo.

Referências

Brites, R.S. *et al.* Uso de um sistema de informações geográficas para indicação de corredores ecológicos no município de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.3, p.373-380, 1998.

CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA – UNICAMP, Reserva da biosfera da Mata Atlântica, **Plano de Ação**, 1v. Referências Básicas, Campinas, 1992.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **São Mateus**: Carta topográfica. SE.24-Y-B-V, MI 2468. 1979. (Carta em escala 1:100.000).

IPEMA, **Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: cobertura florestal, unidades de conservação e fauna ameaçada**. Vitória, ES: IPEMA, 2004, 112p.

PEREIRA, R.A. **Mapeamento e Caracterização de Fragmentos de Vegetação Arbórea e Alocação de Áreas Preferenciais para sua Interligação no Município de Viçosa, MG.** 1999. 203f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SUDENE. **Montanha:** Carta topográfica. SE.24-Y-B-I, MI 2430. 1976a. (Carta em escala 1:100.000).

—— **Mucuri:** Carta topográfica. SE.24-Y-B-II, MI 1976b. (Carta em escala 1:100.000).