

ESTUDO COMPARATIVO DE SOFTWARES DE GEOPROCESSAMENTO PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA

Gabriela Lambiazzi (IC) e Sergio Vicente Denser Pamboukian (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

Resumo: Com a crescente disponibilidade de acesso às ferramentas computacionais de geoprocessamento, o Sistema de Informações Geográficas (SIG), em inglês *Geographic Information System* (GIS), vem sendo adotado em diversas áreas como, por exemplo: comunicações, transporte, planejamento urbano, cartografia, saúde, agronomia e muito mais. Estão disponíveis no mercado muito programas, tanto gratuitos como pagos, para atender necessidades específicas. Neste trabalho é realizada a comparação entre os dois SIGs mais utilizados atualmente, o ArcGIS (pago) e o QGIS (gratuito), com o objetivo de verificar se os softwares gratuitos podem substituir os softwares pagos quando são realizadas apenas tarefas básicas de geoprocessamento. O estudo mostrou que o ArcGIS e o QGIS são muito parecidos e fornecem de forma eficiente os recursos e ferramentas necessários para a execução de tarefas básicas.

Palavras-chave: Sistema de informações Geográficas (SIG), geoprocessamento, ArcGIS/QGIS.

Abstract:

Due to the growing availability to access to geoprocessing computer tools, the Geographic Information System (GIS), has been implemented in various areas, such as communication, transport, urban planning, cartography, health, agronomy and more. There are many programs available nowadays, some charge, some free of charge, to attend to specific needs. In this report, the two most used SIGs nowadays will be compared, the ArcGIS (charged) and the QGIS (free of charge), to attest if free of charge softwares can substitute charged ones when performing their basic geoprocessing tasks. Study has shown that the ArcGIS and the QGIS are very similar and efficiently provide the resources and tools necessary to the execution of basic tasks.

Keywords: Geographic Information System (GIS), geoprocessing, ArcGIS/QGIS.

1. INTRODUÇÃO

Nos tempos de hoje, tornou-se indispensável a utilização de recursos tecnológicos para orientação e localização espacial. Estes recursos não são utilizados apenas para uso pessoal, como por exemplo, quando se quer chegar até um destino utilizando um *Global Positioning System* (GPS), mas o uso destas ferramentas de geoposicionamento e georreferenciamento abrange praticamente todas as áreas com relação ambiental, social e principalmente econômica. Isso demonstra um avanço expressivo da tecnologia, em especial na área de geotecnologias, tornando-se um recurso indispensável.

Para poder falar em geotecnologias é preciso entender primeiramente o conceito de geoprocessamento, que é um ramo da área científica denominada Geomática, e que engloba um conjunto de técnicas computacionais, técnicas matemáticas e tecnologias ligadas às informações espaciais e utilizadas para coleta, armazenamento, tratamento e análise de dados. Dentre estas geotecnologias está o Sistema de Informações Geográficas (SIG), uma ferramenta estratégica no planejamento e tomada de decisão nos negócios, que possibilita análises espaciais baseadas em mapas temáticos, como por exemplo, número de habitantes em um determinado espaço na área de planejamento urbano, trânsito e transporte, energia elétrica, educação, índice de qualidade de vida, mapeamento de espécies, agricultura, controle de queimadas ou reflorestamentos, turismo, mercado imobiliário, jazidas minerais, monitoramento de áreas de risco, entre outros.

Para realizar uma análise espacial através de um SIG, são necessárias informações geográficas (dados e mapas) que podem ser obtidos de diversas fontes. Tais informações podem ser baixadas da internet ou fornecidas por institutos e empresas especializadas, podendo ser gratuitas ou não. A Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio S.A (EMBRAESP) são alguns exemplos de empresas que disponibilizam imagens, fotos, mapas, informações e censos de forma gratuita para fins educacionais. De posse de todas as informações necessárias, a utilização do Sistema de Informações Geográficas para montar tabelas e mapas se torna prática e muito útil, agrupando as informações de modo organizado de acordo com suas características e sua localização espacial.

Neste trabalho são analisados os seguintes SIGs:

- ArcGIS Desktop: um software produzido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), uma empresa americana especializada em soluções para a área de informações geográficas. O ArcGIS Desktop é constituído por três módulos principais:

- ArcMap: chamado frequentemente de ArcGIS que permite a sobreposição de planos de informação vetoriais e matriciais, além de objetos gráficos, fontes (letras) e figuras, com a finalidade de mapeamento temático, entre outras coisas. Também permite pesquisas e análises espaciais, criação e edição de dados, padronização e impressão de mapas (SANTOS, 2009). O ArcMap utiliza com frequência o ArcToolbox e o ArcCatalog:
 - ArcToolbox: é o local onde pode-se encontrar, gerenciar e executar ferramentas de geoprocessamento. As ferramentas também pode ser geradas e executadas a partir ArcCatalog (ESRI, 2006);
 - ArcCatalog: fornece uma janela de “catálogo” que é usado para organizar e gerar vários tipos de informações geográficas para o ArcGIS Desktop. O ArcCatalog organiza os conteúdos em uma exibição do tipo “árvore”, no qual se pode trabalhar com a organização dos seus conjuntos de dados GIS e documentos ArcGIS, além de pesquisar, encontrar elementos de informação e gerenciá-los (ESRI, 2010);
- ArcGlobe: trabalha com dados de imagem multi-resolução de exibição e terrenos, dados vetoriais (por exemplo, pontos, linhas, polígonos e objetos 3D). Converte representações bidimensionais para 3D em tempo real. Tem funcionalidade de animação que oferece uma maneira rápida e fácil de criar visualização 3D (com opções para exportar para um formato de vídeo), como também, vários efeitos de camada, como a transparência, iluminação, sombreamento, e prioridade de profundidade (ESRI, 2003);
- ArcScene: é um aplicativo de visualização 3D que permite que você visualize seus dados GIS em três dimensões. permite sobrepor muitas camadas de dados em um ambiente 3D. Os recursos são colocados em 3D, lendo a informação da altura da geometria de traços, atributos de recursos, propriedades de camada, ou uma superfície 3D definido, e cada camada na visualização em 3D pode ser tratada de forma diferente (ESRI, 2008);
- QGIS: é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), licenciado sob a *General Public License* (GNU). A OSGeo é uma organização sem fins lucrativos, criada no intuito de apoiar o desenvolvimento de softwares geoespaciais, como também, o uso livre dos mesmos. O QGIS possui recursos e ferramentas para executar procedimentos básicos de geoprocessamento de forma semelhante ao ArcMap. Possui versões para Linux, Unix, MacOS, Windows e Android e suporta muitos formatos vetoriais, raster e de banco de dados. (QGISBrasil, 2016).

1.1. Objetivos

O objetivo deste trabalho é efetuar um estudo comparativo entre um software de geoprocessamento pago e outro gratuito, que são respectivamente o ArcGIS e QGIS, ambos

muito utilizados atualmente, e determinar se um software gratuito possui recursos suficientes para executar as tarefas básicas de geoprocessamento com resultados equivalentes aos de um software pago.

Serão comparadas apenas tarefas básicas de geoprocessamento como georreferenciamento de imagens, mosaico de cenas, geração de mapas temáticos, entre outras.

Os critérios de avaliação escolhidos são baseados nos princípios da Engenharia de Software: funcionabilidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutibilidade e portabilidade e também na execução das tarefas básicas de geoprocessamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

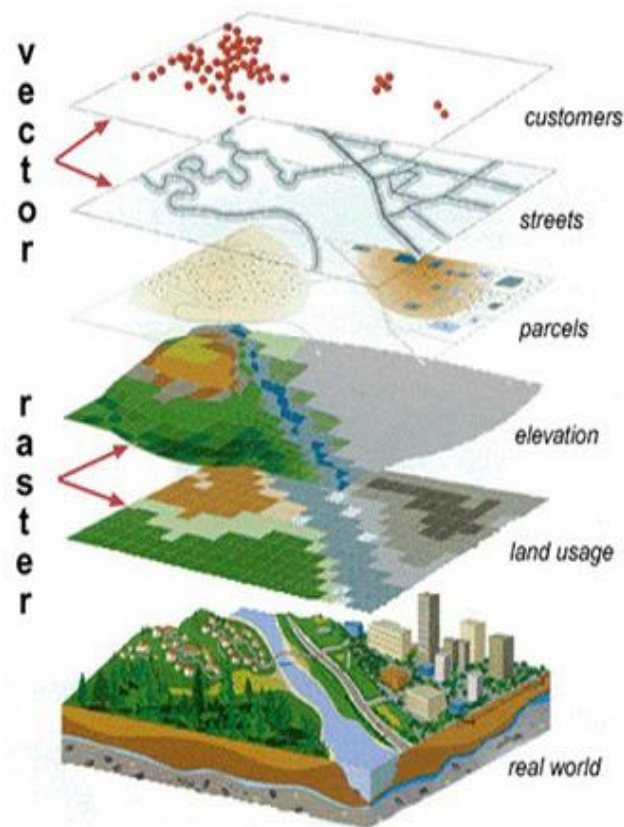
Nesta seção serão descritos os princípios básicos de geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas e também os critérios que podem ser utilizados para a avaliação de um software.

2.1. Sistema de Informações Geográficas (SIG)

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das mais poderosas ferramentas do geoprocessamento (geotecnologias). O SIG é um conjunto de softwares, hardware e procedimentos computacionais utilizados para efetuar o processamento, a análise e a disponibilização de informação com referência geográfica que são muito úteis para a tomada de decisões (Figura 1). A coleta de dados pode ser feita através de cartografia digital, Aerofotogrametria, Topografia Clássica, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto por Satélites, etc. O armazenamento de imagens e informações espaciais é feito em Banco de Dados Geográficos.

O Sistema Gerenciador de Bancos de Dados Geográficos (SGBDG), fundamental para um Sistema de Informações Geográficas, é um conjunto de dados referenciados espacialmente, que funciona como um modelo de realidade e serve para representar uma união específica de fenômenos que fazem parte da realidade, podendo estar associado a diferentes períodos de tempo. Isso é um processo de divisão que converte uma realidade complexa em um conjunto finito de registros ou objetos do banco de dados (LISBOA FILHO; IOCHIPE, 1996).

Figura 1 – Organização de um mapa em várias camadas em um SIG



Fonte: Nery (2016).

A seguir, serão descritas as principais funções de um Sistema de Informações Geográficas: georreferenciamento de imagens, mapas temáticos, conexão com bancos de dados, mosaico e edição vetorial. Estas funções são utilizadas neste trabalho para a comparação dos softwares ArcGIS e QGIS.

2.1.1. Georreferenciamento de imagens

Informações espaciais são aquelas que possuem uma localização específica no espaço, definida por coordenadas que podem ser, por exemplo, coordenadas geográficas (latitude e longitude) ou coordenadas planas (x,y).

As coordenadas das informações espaciais podem ser associadas a um Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) definido por um elipsoide, um *Datum* (ponto de referência do elipsoide) e um Sistema de Projeção.

As projeções cartográficas são formas de representação da Terra em um plano, com diferentes distorções e regiões em destaque. Existem diversos sistemas de projeção, como por exemplo, projeção cônica, projeção cilíndrica e projeção azimutal. Em geral, os softwares de geoprocessamento utilizam a projeção cilíndrica Universal Transversa de Mercator (UTM)

para trabalhar com pequenas áreas e coordenadas geográficas (latitude e longitude) para trabalhar com áreas maiores.

O georreferenciamento ou registro de imagens permite que as coordenadas de uma imagem matricial (linha e coluna) sejam associadas a um SRC através de uma transformação geométrica.

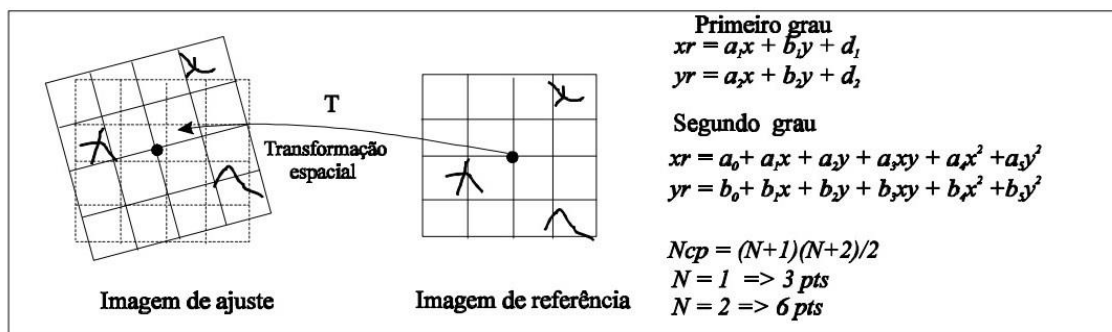
O georreferenciamento de uma imagem é feito através de pontos de coordenadas conhecidas conhecidos como Pontos de Controle. Esses pontos de controle são lugares da imagem ou mapa onde tem uma feição física facilmente reconhecida, como o cruzamento de duas estradas, lagos, residências, picos de montanhas e etc.

O processo de georreferenciamento é fundamental em vários problemas práticos, principalmente na área de sensoriamento remoto, tais como: integração de uma imagem à base de dados existente num Sistema de Informações Geográficas (SIG); aplicação na área de cartografia, uso da terra e geografia, que exigem alta precisão geométrica ou fidelidade com respeito à cena; fusão de imagens adquiridas por sensores diferentes; aplicações relacionadas com a combinação de imagens sobre uma grande área (mosaico) e na análise de dados multi-temporais (imagens adquiridas em épocas diferentes).

Segundo a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003), para que a precisão cartográfica seja avaliada em imagens de sensoriamento remoto, faz-se necessário que as mesmas sejam corrigidas das suas distorções e os elementos que as constituem fiquem referidos a algum sistema de coordenadas.

A precisão depende, não somente da quantidade de pontos de controle, mas também do erro, ou seja, a diferença da posição exata do ponto e da posição calculada (Figura 2).

Figura 2 – Georreferenciamento de imagens



Fonte: Lopes (2009)

Os pontos de referência podem ser criados de três modos: teclado, tela e mesa. No modo teclado os pontos adicionados são conhecidos, isto é, sabe-se a localização exata e as coordenadas do ponto, informando-as ao programa. Já o modo tela baseia-se na comparação

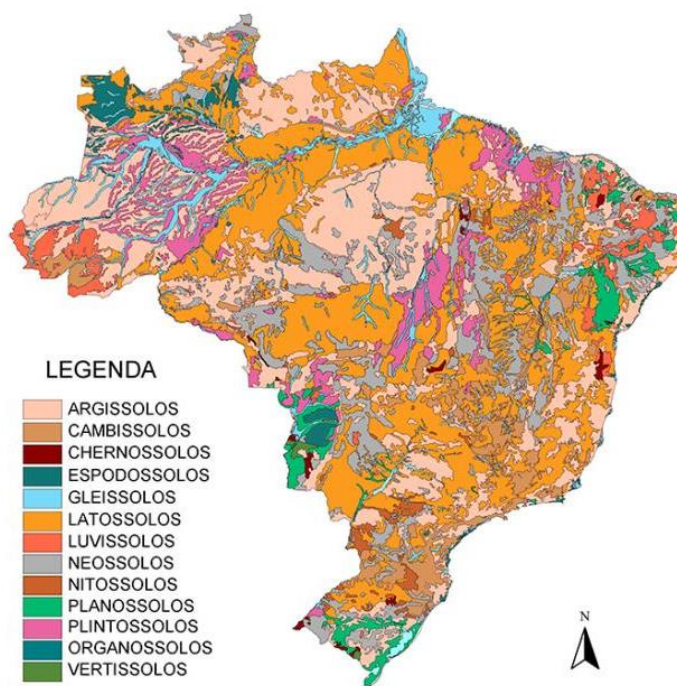
com uma imagem já georreferenciada, onde os pontos são escolhidos visualmente. No modo mesa o registro de imagens é feito com um mapa calibrado em uma mesa digitalizadora (LOPES, 2009).

O georreferenciamento de uma imagem em um SIG envolve a retirada de distorções e erros causados no processo ou no sistema de aquisição e o emprego de modificações para reconstruir as posições e orientações das imagens. Para finalizar este processo é adotado um sistema de representação e uma escala (CORDEIRO; CARVALHO; GONÇALVES, 2008).

2.1.2. Mapas temáticos

Mapas temáticos (Figura 3) são representações gráficas da superfície terrestre dispostas conforme um critério predeterminado como, por exemplo, mapas demográficos, geográficos, políticos, econômicos, históricos e etc. Para diferenciar e sinalizar cada espaço geográfico são utilizadas legendas, símbolos e hachuras, que mostram determinados dados de atividades ou fenômenos que ocorre em cada espaço. É indispensável que já tenham sido realizadas a edição vetorial e a conexão com bancos de dados (descritos mais adiante neste trabalho), pois as informações só podem ser associadas se existirem componentes vetoriais presentes em um banco de dados.

Figura 3 – Mapa de solos do Brasil



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2014).

2.1.3. Conexão com banco de dados geográficos

Todo local, físico ou virtual, onde estão armazenados dados, pode, em certo sentido, ser chamado de banco de dados. Nos bancos de dados, as informações são armazenadas

na forma de tabelas relacionáveis entre si através campos chaves. A diferença entre um banco de dados e um banco de dados geográficos é que o segundo suporta feições geométricas em sua tabela. Este tipo de base com geometria oferece a possibilidade de análise e consultas espaciais (Figura 4). É possível calcular nestes casos, por exemplo, áreas, distâncias e centroides, além de realizar a geração de *buffers* e outras operações entre as geometrias (MEDEIROS, 2014).

Figura 4 - Arquitetura Genérica de SIG.



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2006)

2.1.4. Mosaico

Muitas vezes, as imagens orbitais recobrem uma pequena área da superfície terrestre e torna-se necessária a junção de várias imagens (cenas) para compor a área de projeto. O mosaico é uma colagem de imagens adjacentes (cenas), com o intuito de se ter uma vasta visão da área de estudo (mantendo a escala original), como também, uma melhor qualidade na observação de um determinado espaço (Figura 5).

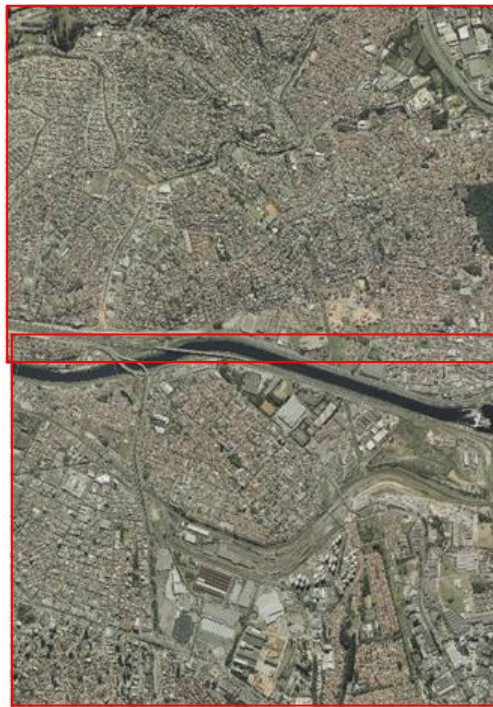
O mosaico também é utilizado quando se deseja sobrepor imagens de várias bandas obtidas através de sensoriamento remoto, gerando uma imagem padrão RGB.

2.1.5. Edição vetorial e Tabela de atributos

As camadas vetoriais de um SIG são compostas por feições (pontos, linhas e polígonos). A edição vetorial permite a modificação ou a criação de imagens vetoriais, disponibilizando ferramentas para criação, deleção, movimentação e modificação de feições.

Durante o processo de edição, cada feição criada recebe um código de identificação (ID) que será utilizado para associar a feição aos seus atributos armazenados em uma tabela de banco de dados (Figura 6). Os atributos serão utilizados para análise das feições e geração de mapas temáticos.

Figura 5 – Mosaico de 2 cenas.



Fonte: Próprio autor (2016) a partir de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA)(2007).

Figura 6 – Tabela de atributos.

Tabela de atributo - Dados :: Total de feições: 164, filtrada(S): 164, selecionada(s): 0

	Código	Pop_10	Domic_10	Agua_10	Esgot_10	Lixo_10
0	350390105	74669	21644	0.921	0.5574	0.9834
1	350570805	112595	34293	0.985	0.9202	0.9942
2	350570810	44841	13143	0.992	0.8067	0.9983
3	350570815	24228	7162	0.9901	0.9517	0.9966
4	350570820	58931	17314	0.9971	0.9373	0.9988
5	350660705	28541	8407	0.6552	0.6031	0.9441
6	350900705	86352	25569	0.9576	0.8492	0.9891

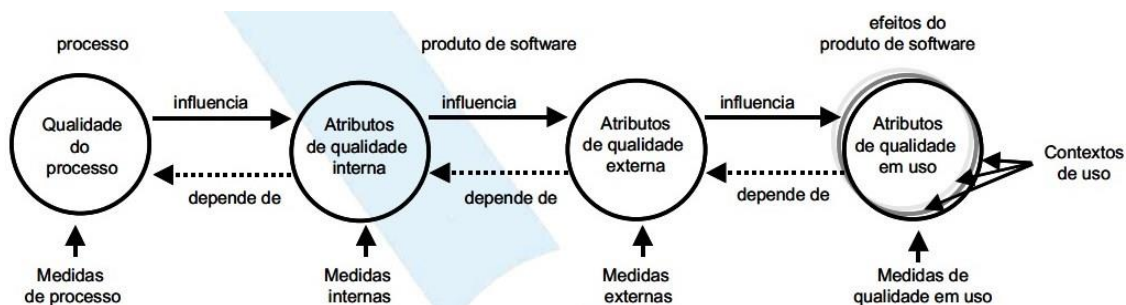
Mostrar todas as feições

Fonte: Próprio autor (2016) a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)(2010).

2.2. Critérios de avaliação de um software

Qualidade de software é a totalidade das características de um produto de software, que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas de seus usuários. As características fornecem terminologia consistente para tratar de qualidade do produto de software (Figura 7). Elas também fornecem uma estrutura para especificar requisitos de qualidade de software e realizar comparações entre produtos de software (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

Figura 7 - Avaliação de qualidade de um software



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003)

Os softwares afetam, atualmente, quase todos os aspectos de nossas vidas, estando presente nos negócios, na cultura e nas atividades diárias (PRESSMAN, 2002).

A avaliação de um software é essencial, pois com isso é possível tirar conclusões se atende às necessidades e às expectativas dos usuários. Quem os utiliza sempre busca softwares fáceis de manusear, úteis, com rapidez e o mais importante, que resolva todos os seus problemas. O usuário não quer ter a preocupação de conhecer termos ou conceitos técnicos de informática para fazer o uso do software, mas quer ter a impressão que domina a aplicação e suas funções por serem simples e inteligíveis.

Além desses parâmetros predeterminados, não basta agradar somente na facilidade do manuseio, mas como também tem que ser agradável aos olhos, ou melhor, ter uma tela rica (belo design) e que desperte certo desafio. A Tabela 1 ilustra as características que podem ser analisadas para verificar a qualidade de um software.

Tabela 1 – Características da Qualidade de Software segundo a ISO/IEC 9126-1

Característica	Significado	Pergunta chave
Funcionabilidade	Evidencia o conjunto de funções que atendem às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto.	Satisfaz às necessidades?
Confiabilidade	Evidencia a capacidade do produto de manter seu desempenho ao longo do tempo e em condições estabelecidas.	É imune a falhas?
Usabilidade	Evidencia a facilidade para utilização do produto.	É fácil de usar?
Eficiência	Evidencia o relacionamento entre o nível de desempenho do produto e a quantidade de recursos utilizados, sob condições estabelecidas.	É rápido e “enxuto”?
Manutibilidade	Evidencia o esforço necessário para realizar modificações no produto.	É fácil de modificar?
Portabilidade	Evidencia a capacidade do produto de ser transferido de um ambiente para outro.	É fácil de usar em outro ambiente?

Fonte: Anjos e Moura (2004)

3. METODOLOGIA

Os dois softwares envolvidos nessa avaliação, ArcGIS e QGIS, foram testados no Laboratório de Geotecnologias da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, onde foram devidamente instalados e configurados em todas as máquinas.

Já as imagens que foram usadas nesta pesquisa foram fornecidas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Google Maps, de forma gratuita.

A pesquisa foi estruturada nas seguintes etapas:

- analisar e escolher os softwares mais utilizados no mercado para serem avaliados e fazerem parte da pesquisa. No caso, foram escolhidos ArcGIS e QGIS, quando da elaboração deste projeto de iniciação científica;
- reunir material para pesquisa sobre os programas em questão, como apostilas, livros, tutoriais;
- examinar o desempenho de cada um dos softwares envolvidos nessa pesquisa no cumprimento de cada tarefa básica de geoprocessamento. As tarefas selecionadas para o estudo comparativo foram:
 - Georreferenciamento de imagens;
 - Mosaico;
 - Edição vetorial e de tabelas de atributos;
 - Conexão com banco de dados;
 - Mapas temáticos;
 - elaborar uma tabela comparativa entre os dois softwares selecionados, onde são analisados o desempenho, a facilidade no uso, precisão dos resultados obtidos, etc.

Para obter a comparação entre os dois programas escolhidos, foram executadas as tarefas primordiais de geoprocessamento, utilizando sempre o mesmo conjunto de imagens e uma mesma máquina do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

4. ESTUDO COMPARATIVO

Para efetuar a comparação do ArcGIS com o QGIS foram realizados diversos testes com as ferramentas básicas de geoprocessamento e os dois softwares foram avaliados por critérios definidos com base na Engenharia de Software (PRESSMAN, 2002).

4.1. Georreferenciamento ou registro de imagens

No quesito de georreferenciamento de imagens, usando pontos de controle ou coordenadas, o ArcGIS se destaca positivamente em comparação ao QGIS. O ArcMap (módulo do ArcGIS) faz um *preview* da imagem georreferenciada a cada ponto de controle inserido.

- Ponto positivo do ArcGIS: possibilidade de ver como está ficando a imagem georreferenciada a cada ponto inserido; existência de uma linha que mostra a distância do ponto de controle original ao ponto interpolado, minimizando o erro; ferramenta para ajuste automático de erros; sugestão de valores para as coordenadas.
- Ponto negativo do ArcGIS: ao inserir os primeiros pontos de controle, a imagem fica “rotacionando”, dificultando a visualização e até mesmo desaparecendo da tela durante a edição.

4.2. Mosaico

Na montagem do mosaico o QGIS criou a imagem final em muito pouco tempo, sendo ágil e simples. Já o ArcMap não mostrou agilidade neste quesito, todos os processos na edição, como também para mostrar o resultado final, foram demorados e acompanhados por paradas no funcionamento do programa. O resultado final (mosaico) teve uma ótima resolução tanto no QGIS quanto no ArcMap (Figuras 8 e 9).

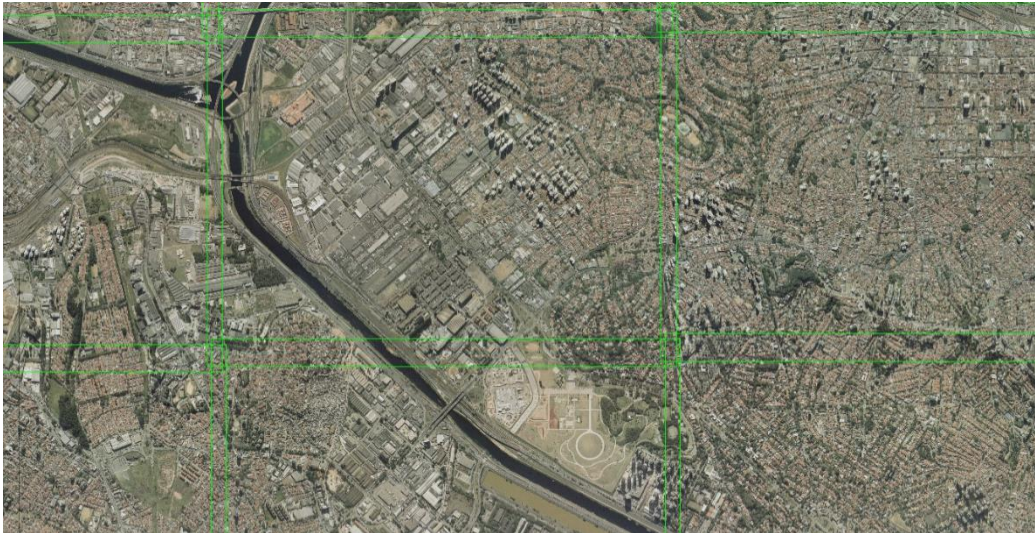
No ArcMap foi possível de visualizar os contornos de cada cena (footprint) utilizada para criar o mosaico (Figura 8).

4.3. Edição vetorial e edição de tabelas de atributos

Para realizar essa tarefa, ambos os softwares tiveram o mesmo desempenho, não tendo quase nenhuma diferença. Foram precisos vários passos e um conhecimento abrangente sobre o assunto para conseguir realizar a tarefa nos softwares, mas são ágeis e com um resultado satisfatório.

No ArcGIS, é necessário que o usuário tenha já um certo entendimento em como operar softwares de geoprocessamento, pois exige um esforço maior em unir tabelas, editar e utilizar a calculadora de campo. Já no quesito criação de polígonos, o ArcGIS se mostra rápido e prático.

Figura 8 – Mosaico feito no ArcMap



Fonte: Próprio autor (2016) a partir de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA)(2007).

Figura 9 – Mosaico feito no QGIS



Fonte: Próprio autor (2016) a partir de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA)(2007).

4.4. Conexão de imagens vetoriais com bancos de dados

O banco de dados utilizado em camadas vetoriais do tipo “shapefile” é o *DataBase File* (DBF). A maioria dos softwares GIS não permite a manipulação direta de arquivos DBF, mas possui ferramentas que permitem a associação de dados (numéricos, alfanuméricos, datas, etc.) às feições de uma imagem vetorial.

Em geral os dados são preparados em uma planilha do Microsoft Excel, exportados no formato texto (*Comma Separated Values* – CSV) e depois associados aos shapefiles. Estes dados são utilizados para análise espacial e também para a geração de Mapas Temáticos.

O ArcGIS e o QGIS aceitam arquivos no formato shapefile (shp). Um shapefile é um arquivo vetorial (formado por feições como polígonos, linhas ou pontos) e é acompanhado de mais dois arquivos no formato dbf (banco de dados ou atributos) e shx (faz a união entre os arquivos dbf e shp).

Estes softwares também suportam arquivos de texto (txt ou csv), que podem ser importados do Microsoft Excel e posteriormente unidos à uma camada vetorial. Essa tarefa de união tem praticamente o mesmo processo nos dois softwares, não tendo quase nenhuma diferença no tempo de execução ou nas ferramentas disponíveis.

4.5. Mapas temáticos

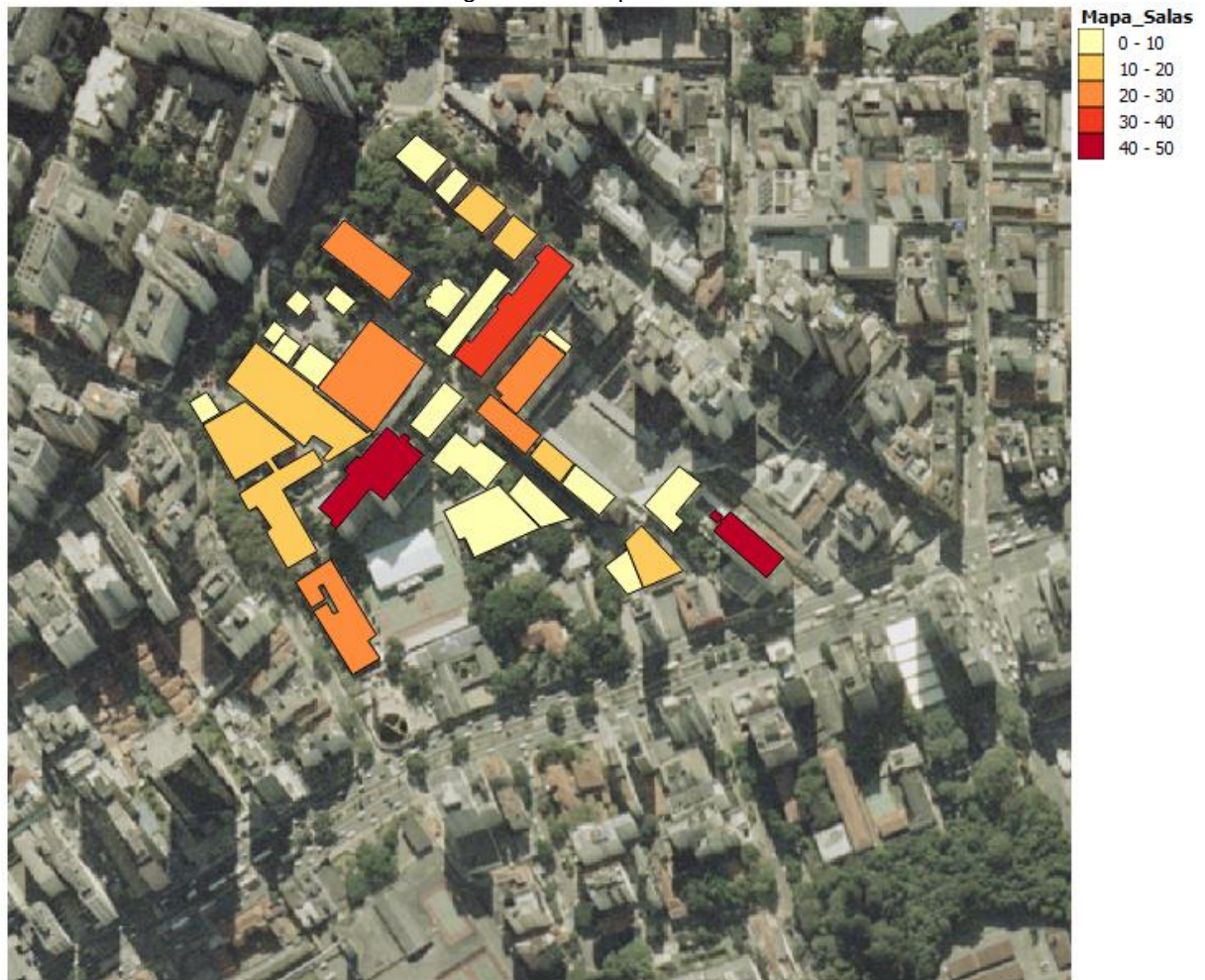
Tanto no QGIS como no ArcGIS as feições podem ser selecionadas através de polígonos, retângulos, individualmente ou até mesmo através de expressões (lógicas ou aritméticas). Os testes foram realizados por meio de expressões e verificou-se que ambos possuem os mesmos passos e o mesmo desempenho para chegar ao objetivo.

Para a criação de mapas temáticos o processo é praticamente o mesmo nos dois softwares novamente (Figura 10), tendo a tabela de estilos muito semelhante e sem nenhum destaque nas ferramentas, pois têm as mesmas categorias, opções de gráficos e características (opções de cores em degradê, sólidas, grades e etc).

O QGIS e o ArcGIS têm a possibilidade de criar e salvar novos estilos e que podem serem aplicados em outros layers.

- Ponto negativo no ArcGIS: na máquina testada no laboratório foi frequente o travamento, e inclusive, o fechamento do programa na finalização de uma edição de estilo, perdendo todo o trabalho até o momento caso não tenha salvado por conta própria.
- Ponto positivo no QGIS: apesar das tabelas de estilos dos softwares terem as mesmas ferramentas, a tabela do QGIS é disposta de uma maneira mais fácil de entender, ou seja, melhor distribuída.

Figura 10 – Mapa temático



Fonte: Próprio autor (2016) a partir de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA)(2007).

4.6. Resultados da Avaliação

Com base nos conceitos vistos na Engenharia do Software, as características dos softwares foram avaliadas, de acordo com as Tabelas 2 e 3, utilizando o seguinte critério:

- 1 – Muito ruim;
- 2 – Ruim;
- 3 – Regular;
- 4 – Bom;
- 5 – Muito bom.

Tabela 2 – Avaliação de tarefas comuns

Característica	Subcaracterística	Pergunta chave para a subcaracterística	QGIS	ARCGIS
Funcionabilidade	Adequação	O software é apropriado para sua função?	5	5
	Acurácia	O software cumpre sua função de forma correta?	4	5
	Interoperabilidade	Há interação com outros sistemas?	5	5
	Conformidade	Está de acordo com as normas, leis, etc?	5	5
	Segurança	Evita acesso não autorizado aos dados? (NA = Não Avaliado)	NA	NA
Confiabilidade	Maturidade	Frequência que apresenta falhas? (Muito ruim = Muitas falhas)	5	4
	Recuperabilidade	É capaz de recuperar dados em caso de falha?	4	1
Usabilidade	Inteligibilidade	O conceito e aplicação são fáceis de entender?	4	3
	Apreensibilidade	É fácil usar? (Muito bom = muito fácil)	5	4
	Operacionalidade	É fácil de operar e controlar? (Muito bom = Muito fácil)	4	4
Eficiência	Tempo	Como é o tempo de resposta?	5	4
	Recurso	Os recursos são suficientes para as tarefas?	5	5
Portabilidade	Adaptabilidade	É adaptável à diferentes sistemas operacionais?	5	2
	Instalação	É fácil de instalar e desinstalar? (Muito bom = muito fácil)	5	2
	Requisitos	Os requisitos mínimos são muito exigentes? (Muito bom = pouco exigente)	4	3

Fonte: adaptado de Anjos e Moura (2004)

Tabela 3 – Avaliação de tarefas específicas de geoprocessamento

Tarefa	Pergunta chave	QGIS	ARGIS
Georreferenciamento	É fácil de realizar a tarefa?	5	5
	É preciso de muitas etapas? (Muito bom = poucas etapas)	4	4
	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = muito fácil)	4	4
	Como foi o tempo de resposta?	5	4
	A qualidade do resultado é boa?	4	5
Mosaico	É fácil de realizar a tarefa?	5	5
	É preciso muitas etapas? (Muito bom = poucas etapas / muito ruim = muitas etapas)	4	5
	Como foi o tempo de resposta?	5	3
	A qualidade do resultado é boa?	3	5
Edição vetorial	É fácil de realizar a tarefa?	4	5
	É preciso de muitas etapas? (Muito ruim = muitas etapas)	4	5
	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = muito fácil)	5	5
	As ferramentas disponíveis são suficientes? (Muito bom = muito fácil)	5	5
Conexão com o banco de dados	É fácil de realizar a tarefa?	4	4
	É preciso de muitas etapas? (Muito ruim = muitas etapas)	3	3
	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = muito fácil)	4	4
	O software aceita importação de dados de diversos formatos? (Muito bom = muitos formatos)	3	3
Mapas temáticos	É fácil de realizar a tarefa?	5	5
	É preciso de muitas etapas? (Muito ruim = muitas etapas)	4	4
	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = muito fácil)	5	5
	As ferramentas disponíveis são suficientes? (Muito bom = muito satisfatório)	5	5
	Estão disponíveis vários modos para realizar a classificação? (Muito bom = muitos modos)	5	5

Fonte: adaptado de Paiva (2015)

5. CONCLUSÃO

Ambos os softwares têm uma interface bonita, simples e fácil de usar. As interfaces são extremamente parecidas, o que sugere que o QGIS foi desenvolvido com base no ArcGIS. A tela e as ferramentas são muito parecidas, inclusive na execução das tarefas básicas de geoprocessamento.

Observa-se que o QGIS, por ser um software gratuito, e também por ter as mesmas ferramentas básicas e a interface semelhante do ARGIS, o torna muito mais acessível aos

usuários menos exigentes e estudantes. Além disso, o software gratuito em certos quesitos, como por exemplo, na criação de mapas temáticos, se mostrou mais rápido e simples, enquanto o pago exigiu um pouco mais de tempo e conhecimento, ou seja, uma pessoa com menos conhecimento sobre softwares de geoprocessamento sentiria um pouco mais de dificuldade na finalização desta tarefa.

O ARGIS mostrou maior desempenho nas tarefas de georreferenciamento de imagens e na criação de mosaicos, ou melhor, o software pago tem algumas ferramentas que facilitam na visualização e precisão do resultado, mas nada em que se diferencie muito do QGIS. A qualidade (acurácia) dos resultados obtidos no ArcGIS se mostrou superior ao QGIS.

O ArcGIS é um software muito mais completo que o QGIS e atualmente é o software GIS mais utilizado profissionalmente no mercado. O QGIS tem poucos recursos para trabalhar em 3D, por exemplo. Porém, para realização de tarefas simples e, principalmente, para aplicações educacionais, o QGIS se mostrou uma ferramenta bastante eficiente e acessível aos estudantes.

REFERÊNCIAS

ANJOS, L.A.M.; MOURA, H.P. **Um Modelo Para Avaliação de Produtos de Software**. 2004. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/hermano/laps/download/laps-um-modelo-para-avaliacao-de-produtos-de-software.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Engenharia de Software - Qualidade de Produto Parte 1 (Modelo de qualidade)**. NBR ISO/IEC 9126-1:2003. Disponível em: <http://luizcamargo.com.br/arquivos/NBR%20ISO_IEC%209126-1.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2015.

CORDEIRO, N.H.; CARVALHO, B.M.; GONÇALVES, L.M.G. **Mapeamento e Monitoramento Ambiental Usando Imagens Aéreas de Pequeno Formato**. Disponível em: <<http://www.gpec.ucdb.br/sibgrapi2008/wtd/pivc/47236.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Notícias - Solo brasileiro agora tem mapeamento digital**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2062813/solo-brasileiro-agora-tem-mapeamento-digital>>. Acesso em: 23 abr. 2016. Escala 1:5000000.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). **Ortofotocartas**. São Paulo, 2007. Escala 1:5000.

ESRI. **Introducing ArcGlobe - An ArcGIS 3D Analyst Application**. 2003. Disponível em: <<http://www.esri.com/news/arcnews/summer03/articles/introducing-arcglobe.html>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

ESRI. **ArcGIS Desktop Help. ArcScene 3D display environment**. 2008. Disponível em: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=ArcScene_3D_display_environment>. Acesso: 27 abr. 2015.

ESRI. **ArcGIS Desktop Help. What is ArcCatalog?** 2006. Disponível em: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=ArcToolbox_window_basics>. Acesso: 27 abr. 2015.

ESRI. **ArcGIS Resource Center.** 2010. Disponível em: <<http://help.arcgis.com/En/Arcgisdesktop/10.0/Help/index.html#//006m00000069000000.htm>>. Acesso: 27 abr. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Downloads. Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <<http://downloads.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 nov.2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Processamento de Imagens (DPI). **Manuais/Tutorial de geoprocessamento.** Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 22 dez. 2014.

LISBOA FILHO, J.; IOCHIPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados.** 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

LOPES, E.S.S. **Tutorial Registro de Imagens Aula 3.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE): 2009. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/aula3.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

MEDEIROS, A. **O Geoprocessamento e Suas Tecnologias Parte 2.** Disponível em: <<http://andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte2/>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

NERY, C.V.M. **Professor César Vinícius M. Nery Web Page.** Disponível em: <<http://www.cvmn.com.br/HTML/Downloads.html#SIG>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

PAIVA, B.L.M. **Estudo Comparativo de Softwares Gratuitos de Geoprocessamento Para Elaboração de Projetos de Engenharia.** PIBIC 2014. Mackenzie, São Paulo.

PRESSMAN, R. S. **Software Engineering: a Practitioner's Approach.** 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

QGISBrasil. **Sobre o QGIS.** Disponível em: <<http://qgisbrasil.org/#Sobre o QGIS>>. Acesso: 25 jan. 2016.

SANTOS, R.P. **Introdução ao ArcGIS – Conceitos e comandos.** 2009. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Extensao/ArcGIS/Apostila+Renato+Prado+Vol+2.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). **Página Dinâmica para Aprendizado do Sensoriamento Remoto.** Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/geom.html>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

CONTATO: lambiazzigabriela@gmail.com e sergio.pamboukian@gmail.com