

Geoprocessamento com Software Livre

(versão 1.0)

26-10-2004

www.geolivre.org.br

**Helton Nogueira Uchoa
&
Paulo Roberto Ferreira**

Geoprocessamento com Software Livre – versão 1.0

Sumário

1. Prefácio	2
1.1. Abreviações e Terminologias	2
1.2. Público	2
1.3. Autor e Colaboradores	2
1.4. Agradecimentos	3
1.5. Direitos Autorais	3
1.6. Colaboração	3
2. Introdução	4
3. Licenciamento de Softwares	6
3.1. Softwares gratuitos, softwares de código-aberto e softwares livres	6
3.2. Licenças de código aberto	7
3.3. Licenças de Softwares Livres	9
4. Especificações do consórcio Open Geospatial	12
5. Sistemas livres e de código aberto para área de Geotecnologias	14
5.1. Servidores	14
A) MapServer	14
B) GeoServer	16
5.2. Clientes	16
A) JUMP	16
B) Thuban	17
C) GRASS GIS	17
D) TerraView	18
E) Quantum GIS	19
5.3. Bibliotecas para desenvolvimento	20
A) GDAL/OGR	20
B) Proj4	22
C) JTS Topology Suite	22
D) GEOS	22
E) TerraLib	23
F) GeoTools	23
5.4. Relação entre os softwares livres para Geotecnologias e os padrões do OGC	24
6. Banco de Dados Geográfico livre	25
Apêndice A	26
Apêndice B	27
Referências	30



1. Prefácio

1.1. Abreviações e Terminologias

Existem dois movimentos que muitas vezes se confundem: Software Livre (*Free Software*) e Software de Código Aberto (*Open Source Software*). Nesta apostila, a diferença entre eles será abordada em capítulo específico e, apesar da ênfase deste documento ser em Software Livre, sistemas de Código Aberto também serão abordados sempre que possível.

As abreviações utilizadas estão listadas no Apêndice A e as primeiras citações das abreviações serão acompanhadas da respectiva forma extensa.

Os links de sites receberão a seguinte notação: www.geolivre.org.br

Os códigos de programas receberão a seguinte notação: `println ("livre")`.

Nomes de softwares serão tratados em negrito: **MapServer**. O negrito itálico será utilizado para destacar alguma informação no texto: *fato importante*.

O sistema operacional **GNU/Linux** é conhecido (ou é tratado) pela maioria dos usuários apenas por **Linux**. Neste documento, este sistema também será tratado, por diversas vezes, apenas por **Linux** considerando, neste caso, o prefixo **GNU** como implícito.

1.2. Público

Esta apostila é dirigida a todos os profissionais, estudantes e professores que atuam na área de Geotecnologias e desejam ter acesso a um novo horizonte de possibilidades proporcionado pelo **Software Livre**. Os autores esperam que o licenciamento de forma livre possa ajudar, também, muitos cursos na área de Geotecnologias (Engenharia Cartográfica, Geografia, Geologia, Geomática, etc) a se adaptarem, deixando de lado os sistemas proprietários e utilizando, talvez até melhorando, os sistemas livres.

Não existe a intenção, nesta versão, de um aprofundamento nos conceitos de Geoprocessamento. Sendo assim, é aconselhável que o usuário já tenha algumas noções básicas de Geoprocessamento antes de ler este material. Também é aconselhável uma noção de Banco de Dados.

Apesar de muita informação técnica, os autores buscaram apresentar os novos conceitos de forma bem descontraída, tentando passar um pouco deste espírito de liberdade tão associado ao movimento do software livre que, dia-a-dia, contagia mais pessoas. Talvez você seja o próximo defensor do movimento **GNU**¹.

1.3. Autores e Colaboradores

Helton Nogueira Uchoa (uchoa@geolivre.org.br) é Engenheiro Cartógrafo formado pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). Amante da programação desde os 11 anos de idade, tendo desenvolvido o seu primeiro projeto aos 15, para facilitar o aprendizado de Física dos estudantes do colégio Christus (Fortaleza-CE). Neste período, já dominava **Basic**, **Pascal** e **Assembler** no MSX. Aos 17 anos, recebeu menção honrosa na 14ª Olimpíada Brasileira de Matemática (1992) e estava convicto que o seu futuro era a Engenharia. Aos 23 anos, teve o seu primeiro contato com o **GNU/Linux** e, algum tempo

1 Saiba mais sobre a filosofia do Software Livre no site www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt.html

depois, mergulhou definitivamente na filosofia do Software Livre. Hoje, aos 29 anos, é mantenedor do portal **GEOLivre.org.br** e consultor de projetos de Geoprocessamento com Software Livre.

Paulo Roberto Ferreira (roberto@geolive.org.br) é Geógrafo formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e atualmente é mestrando do Programa de Engenharia de Transportes da COPPE – UFRJ. Participou de inúmeros projetos na área de topografia, sua formação técnica, acompanhou o avanço da Cartografia na sua passagem para a era digital, participou também de projetos na área de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, iniciando o aprendizado nos sistemas livres para geotecnologias a partir de 2001. É integrante do PSL_RJ e da comunidade **GEOLivre.org.br**.

1.4.Agradecimentos

Engenheiro Helton N. Uchoa:

“Gostaria de agradecer aos membros da equipe com qual trabalhei na 5ª Divisão de Levantamento, pelo excelente nível profissional, pelo grande empenho e pela confiança depositada na minha pessoa, quando direcionamos os trabalhos para o uso do Linux, desenvolvendo um trabalho pioneiro no Brasil e de repercussão nacional. Em especial, cito o Ivanildo Barbosa, o Robson Azevedo Silva e a Márcia Paula Pires da Silva. Também agradeço os chefes da 5ª DL que me permitiram desenvolver trabalhos inovadores numa estrutura, normalmente, muito conservadora.”

1.5.Direitos Autorais

Este documento está licenciado de acordo com a *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike License Brazil*². O Objetivo é garantir a todos o direito de utilizar, melhorar e divulgar estas informações. Qualquer utilização deste material deve ser acompanhada da fonte, respeitando os termos descritos no licenciamento.

A versão mais atualizada deste documento estará sendo publicada no site www.geolive.org.br com download gratuito. Caso deseje disponibilizá-lo em algum site, fique à vontade, mas não esqueça de fazer referência aos autores. Veja um exemplo de código que você pode acrescentar em seu site:

```
<a href="http://www.geolive.org.br/modules/mydownloads/">Geoprocessamento com  
Software Livre – autores: Helton N. Uchoa & Paulo Roberto F.</a>
```

1.6.Colaboração

Os autores esperam receber colaborações da comunidade, no sentido de melhorar esta apostila, acrescentando novos conteúdos ou apresentando novas abordagens sobre os assuntos trabalhados.

2 Todos os detalhes desta licença estão no Apêndice B.

2. Introdução

A evolução tecnológica tem exigido crescentes investimentos na área de Tecnologia da Informação (TI), resultando na compra contínua de sistemas proprietários cada vez mais onerosos. Na área de Geotecnologias, o elevado valor das licenças para construção de uma infra-estrutura integrada inviabiliza muitos projetos em inúmeras empresas privadas e instituições públicas, estas últimas são justamente as principais usuárias dos produtos cartográficos e as que mais sofrem com o modelo de negócios das empresas de soluções proprietárias.

A rapidez do desenvolvimento das soluções livres, normalmente relacionadas ao **GNU/Linux**, tem permitido um grande avanço em TI a um custo compatível com os benefícios fornecidos por estas soluções. Conforme destaca o *Guia Livre do Governo Federal*³, existem várias razões para que as instituições públicas migrem para software livre:

- Necessidade de adoção de padrões abertos para o Governo Eletrônico (e-Gov);
- Nível de segurança proporcionado pelo software livre;
- Eliminação de mudanças compulsórias que os modelos proprietários impõem periodicamente a seus usuários, face à descontinuidade de suporte a versões;
- Independência tecnológica;
- Desenvolvimento de conhecimento local;
- Possibilidade de auditabilidade dos sistemas;
- Independência de fornecedor único.

Na realidade, a maioria das idéias citadas acima também são perfeitamente aplicáveis às empresas privadas. Vale destacar que o software livre, principalmente aqui no Brasil, entrou primeiro nas empresas privadas como servidor de e-mails, HTTP, etc. Agora está crescendo de forma vertiginosa em muitos órgãos públicos, contando com um forte apoio do Governo Federal. A isenção do custo de licenciamento é apenas uma característica dos softwares livres que tem criado um ambiente ideal para a contínua expansão e melhoria dos serviços públicos.

A área de Geotecnologias, durante vários anos, esteve dominada por soluções de elevado custo e formatos proprietários. Dois recentes movimentos mudaram este quadro abrindo um novo leque de opções, principalmente para os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Estes movimentos são: a criação do consórcio internacional Open Geospatial (OGC⁴ - *Open Geospatial Consortium*) e a revolução do software livre (*Free Software Foundation*).

As especificações estabelecidas pelo OGC definem padrões que visam a **interoperabilidade** de ambientes relacionados a Geotecnologias. Diferentes sistemas proprietários e/ou livres podem interagir de maneira transparente caso estejam em conformidade com as especificações do OGC. Muitos sistemas livres já seguem estas especificações e alguns sistemas proprietários já estão em processo de adaptação para se tornarem “padrão” OGC.

A revolução do software livre fez inúmeros projetos nascerem a partir do espírito colaborador de uma crescente comunidade mundial. Esta grande legião de

3 O Guia Livre do Governo Federal está disponível no site www.governoeletronico.gov.br

4 Todas as especificações do OGC podem ser lidas no site www.opengeospatial.org

voluntários tem abrangido cada vez mais áreas específicas e, nos últimos anos, atingiu a área de Geotecnologias, causando um enorme impacto no antigo modelo de negócios das soluções proprietárias.

Para compreender este novo nível de conhecimento que inseriu o software livre na área de Geotecnologias, faz-se necessário entender alguns conceitos associados ao movimento do software livre e ao OGC. Ao final deste documento, você entenderá que uma solução baseada em sistemas livres tem inúmeras vantagens técnicas sobre as soluções proprietárias. Podemos destacar, por exemplo, que o elevado grau de integração de um ambiente livre baseado nas especificações OpenGIS® (OGC) deve ser considerado como um fator mais importante do que a economia promovida pelas licenças livres.

3. Licenciamento de Softwares

Os usuários estão acostumados a não lerem as licenças dos softwares proprietários, clicando no botão **aceito** para fazer a instalação o mais rápido possível. Por que fazem isso? Talvez por saberem que a licença vai citar inúmeros itens que somente restringem a liberdade de copiar o software, tornando-nos eternos escravos de uma determinada tecnologia proprietária (e normalmente estrangeira).

Mudar este antigo hábito de **não ler a licença** é o primeiro passo para começar a trabalhar com software livre (SL). Se você ficou triste ao receber essa notícia, devido a dimensão e complexidade das licenças, não se desanime, pois verá que elas vão garantir o seu direito de usufruir destes sistemas, de uma forma que nunca poderia ser imaginado há alguns anos atrás.

3.1. Softwares gratuitos, softwares de código-aberto e softwares livres

Para os “marinheiros de primeira viagem”, a primeira idéia que vem à cabeça quando se fala em SL é a gratuidade do mesmo. Essa idéia não está errada, mas é muito **limitada**. Para começar a organizar estes novos conceitos, serão citadas algumas categorias de softwares de acordo com a liberdade de uso. A forma escolhida para passar estes conceitos foi começar do mais “livre” para o mais “restrito”. Sendo assim, temos:

Software livre: o primeiro conceito que deve ser compreendido é o seguinte: o SL é um programa de computador como qualquer outro programa proprietário. Ele tem a mesma finalidade, ou seja, é direcionado para atender uma determinada demanda como, por exemplo: planilhas de cálculos, editores de textos, editores de imagens, etc. Então, o que realmente o faz **tão diferente**? A resposta está no tipo de licença associada ao software livre. Esta licença deve garantir ao SL, segundo a Fundação Software Livre (*Free Software Foundation*), quatro liberdades:

- A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito;
- A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade;
- A liberdade de redistribuir cópias, permitindo a ajuda ao próximo;
- A liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade.

Para precisar o conceito de SL, deve ser observado que o mesmo está associado a um grande movimento social, onde a idéia de liberdade do uso do software é pregada como solução do problema gerado pela limitação do conhecimento tecnológico imposta pelos sistemas proprietários. Você pode procurar mais informações sobre o movimento do SL no link www.gnu.org/philosophy/free-software-for-freedom.html.

Software de código aberto: nesta categoria de softwares o usuário tem acesso ao código-fonte, podendo alterá-lo para atender as suas necessidades. Muitas vezes, as idéias de SL e código aberto se confundem no nosso cotidiano. A melhor forma de

compreender a diferença entre eles é observar que, normalmente, o software de código aberto deixa de atender alguma(s) das quatro liberdades do SL (vide item anterior). Outra forma de analisar esta diferença é pensar que “o código aberto faz alusão a uma metodologia de desenvolvimento, enquanto o software livre está relacionado a um movimento social”.

Software gratuito: estes sistemas são disponibilizados de forma gratuita, porém, normalmente, não podem ser modificados e não se tem acesso ao código-fonte. É possível também que a licença impeça a redistribuição do mesmo. Também são conhecidos como *Freeware*. Cuidado para não confundir com os *Shareware*, pois estes últimos apesar de também serem gratuitos, possuem alguma limitação funcional em relação ao software original.

Existem outras formas de classificação dos softwares envolvendo definições adicionais como o software semi-livre, o software proprietário e o software comercial. Podem ser definidos da seguinte forma:

Software semi-livre: é o software que não é livre, mas que permite: a utilização, a cópia, a modificação e a distribuição (incluindo a distribuição de versões modificadas) para fins não lucrativos. **PGP** é um exemplo de programa semi-livre. Os sistemas desta categoria não podem ser incluídos em sistemas operacionais livres, ou seja, não podem acompanhar uma distribuição GNU/Linux.

Software proprietário: estes sistemas normalmente são protegidos por algum tipo de patente. Seu uso, redistribuição ou modificação é proibido, ou requer que você peça permissão, ou é restrito de tal forma que você não possa efetivamente fazê-lo livremente. Um software proprietário pode ser feito com finalidades comerciais ou não. Um exemplo de um software proprietário que não possui finalidade comercial é o **SPRING** do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Software comercial: é o software desenvolvido por uma empresa visando obter alguma forma de lucro. Apesar de softwares **comerciais** e **proprietários** estarem muitas vezes associados, eles pertencem a categorias diferentes. Existem softwares livres que são comerciais, assim como existe software de código aberto que também é comercial. Como exemplo deste último, podemos citar o **JUMP** (foi desenvolvido pela empresa canadense Vivid Solutions).

Para se aprofundar no assunto, uma boa dica é o site:

✓ www.gnu.org/philosophy/categories.html

3.2.Licenças de código aberto

As licenças **BSD** e **Apache** são duas das mais antigas licenças de código aberto. Elas ilustram bem alguns princípios básicos das licenças de código aberto. Estas licenças, juntamente com a **MIT** (também conhecido por **X**), são licenças de código aberto clássicas

para o licenciamento de softwares e são utilizadas em muitos projetos de código aberto. Por isso, a abordagem será concentrada nelas. Alguns exemplos bem conhecidos de sistemas baseados nestas licenças são: o servidor **Apache HTTP** e os sistemas operacionais **BSDNet** e **FreeBSD**.

Para começar a entender estas licenças, deve-se observar o que ocorre quando elas são aplicadas a um determinado código-fonte. O primeiro fato é que este código poderá ser utilizado para compor um sistema proprietário, sendo que não é exigido que versões de código aberto deste sistema sejam distribuídas. Isto significa que os sistemas abertos criados sob estas licenças podem se transformar em sistemas fechados, gerando uma perda para a comunidade de código aberto. Porém, justamente por este fato estas licenças são bastante flexíveis e compatíveis com quase todo tipo de licença de código aberto. No próximo tópico, serão abordadas as licenças livres que apresentam, entre outras características, a garantia do código sempre ser aberto.

Licença MIT (ou X): é uma licença de código aberto relativamente simples. Ela dá total liberdade (sem restrições) de uso, cópia, modificação, publicação, distribuição e também permite a venda de cópias do programa. Assim como é comum nas licenças abertas, existe, no texto da licença, a informação de que não há qualquer tipo de garantia pelo uso do software ou por qualquer tipo de dano que o mesmo possa causar, deixando o autor livre de tal responsabilidade. Não se assuste com esse fato, pois esse tipo de isenção de garantia está presente até nas licenças proprietárias, que não assumem qualquer tipo de prejuízo no trabalho do usuário. Leia a licença do **Microsoft Windows®** e confira você mesmo.

Licença BSD: esta licença é um pouco mais restritiva do que a **MIT**. Existem inúmeras formas similares a ela, como, por exemplo, a **UCB/LBL**. Até 1999, existia uma cláusula exigindo que, em qualquer tipo de material divulgando as funcionalidades ou o uso do programa, fosse mencionado os direitos autorais. Imagine que você não poderia sequer escrever um pequeno comentário sobre o programa sem mencionar algo do tipo: “este produto inclui um software desenvolvido pelo Fulano de Tal”. Esta cláusula saiu da licença em 1999, principalmente por estar em desacordo com a idéia da filosofia do código aberto que defende a exploração comercial dos sistemas por todos os interessados. Alguns detalhes que devem ser destacados nesta licença são as condições de uso dos binários, códigos-fontes e modificações. Os direitos autorais e as condições da licença deverão ser incluídos na distribuição do código-fonte. No caso da distribuição de binários, deve-se incluir também os termos da licença em toda a documentação e em outros produtos inclusos nesta distribuição. Outro cuidado a se tomar, é que não se pode utilizar o nome da instituição e/ou o nome dos autores para promover algum sistema derivado sem uma autorização por escrito dos mesmos. Essa proibição é a diferença mais substancial entre esta licença e a licença **MIT**.

Licença Apache: esta licença é bastante similar às duas citadas anteriormente. A versão 1.1 da licença **Apache** segue as mesmas premissas da **BSD** em relação a distribuição e modificação, apresentando um texto relativamente sem restrições. A

licença **Apache v1.1**, apesar de possuir um texto um pouco mais longo que as anteriores, segue basicamente as mesmas idéias como: copiar, distribuir, modificar, respeitar a autoria, etc. A licença **Apache v2.0** é uma revisão da versão anterior e possui diferenças substanciais com relação aos direitos de patentes e às licenças de sistemas derivados desta versão (2.0). Assim como em outras licenças abertas, na Apache não existe a obrigação do usuário disponibilizar algum sistema derivado de um software desenvolvido sob esta licença, seja através de uma licença de código aberto ou de software livre.

3.3.Licenças de softwares livres

Nos tópicos anteriores, foram abordadas as 4 liberdades do SL e agora é a vez das principais licenças que garantem estas liberdades. Para iniciar a abordagem, tem-se que entender a mais importante licença livre: a GNU GPL (no decorrer do texto, será utilizada a denominação GPL). Além das 4 liberdades do SL, essa licença possui o que podemos chamar de efeito contaminante (nos textos em inglês é possível encontrar o termo “reciprocal”, ou também “viral”, sendo essa última denominação mais ligada aos defensores dos softwares proprietários). Isto significa que um sistema derivado de algum software sob a licença GPL, vai ter que ser licenciado sob a mesma licença. Quando não for possível “herdar” a licença GPL por algum motivo qualquer (royalties, patentes, decisão judicial, etc), o sistema **não** poderá utilizar aquele software GPL. Caso o sistema já tenha sido desenvolvido e venha a ter alguma limitação contrária a licença GPL, o mesmo **não** poderá ser utilizado, comercializado, distribuído, etc. A figura 3.1 representa a idéia do efeito contaminante da GPL.

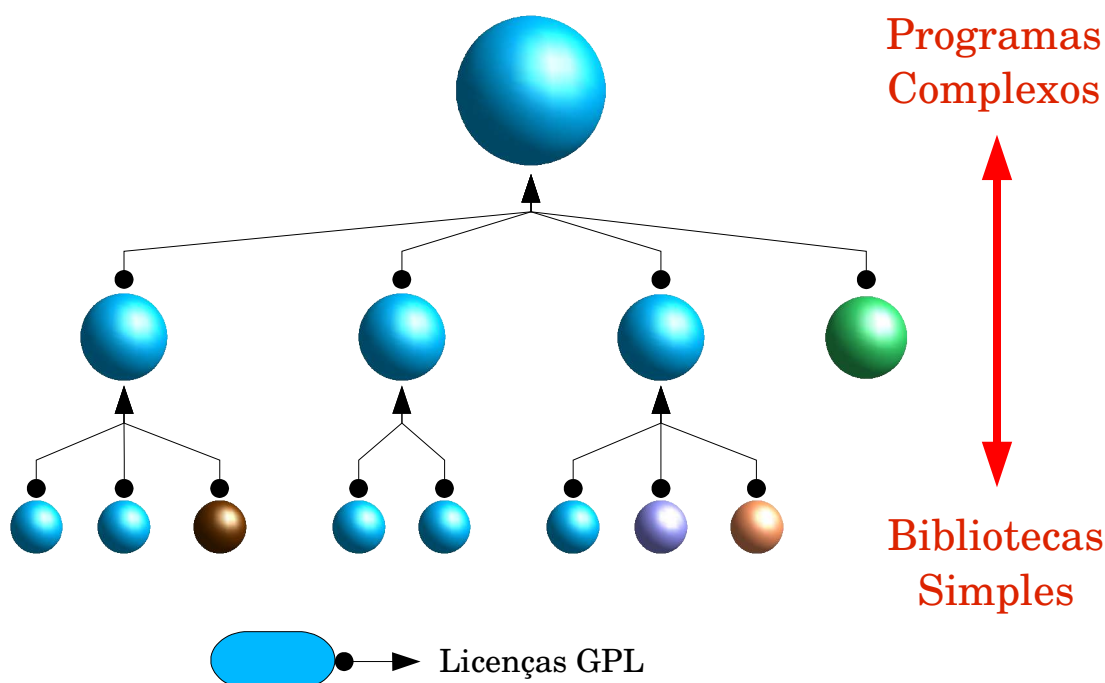


Fig. 3.1 – Comportamento da licença GPL

Observando a figura 1, pode-se concluir também que a GPL explica, pelo menos em parte, porque os SL evoluíram tão rapidamente de simples bibliotecas a complexos sistemas corporativos.

Apesar do ideal de liberdade estar bem protegido na licença GPL, em projetos mais complexos ela pode causar dificuldades para os desenvolvedores. Um bom exemplo disso é um sistema que seja derivado de softwares de código aberto e softwares livres. Se apenas uma das bibliotecas for GPL, todo o sistema terá, obrigatoriamente, que ser GPL. Isso pode inviabilizar alguns projetos, pois a licença GPL é incompatível com as licenças abertas. Para contornar esse problema, o projeto GNU lançou a licença GNU LGPL. Sob esta licença, podemos combinar SL (LGPL) com softwares abertos, sem a exigência de que o novo sistema deva ser licenciado sob a LGPL.

Algo que vale a pena destacar em termos de licenciamento, não somente de softwares, mas de outras formas de expressões artísticas (afinal, criar software também é fazer arte), é o trabalho da Creative Commons (<http://creativecommons.org>). Baseado justamente no projeto GNU, a Creative Commons (CC) tem ajudado muitos autores a divulgar os seus trabalhos apresentando opções de licenciamento de uma forma mais legível para os usuários que não possuem muita afinidade com as questões legais. Isto significa que pessoas como nós (que detestam ficar lendo páginas e mais páginas de legislação) ficam bem mais a vontade em ler as licenças formatadas pela CC. Um exemplo pode ser visto na figura 3.2, onde é apresentada uma “versão resumida” da licença desta apostila.

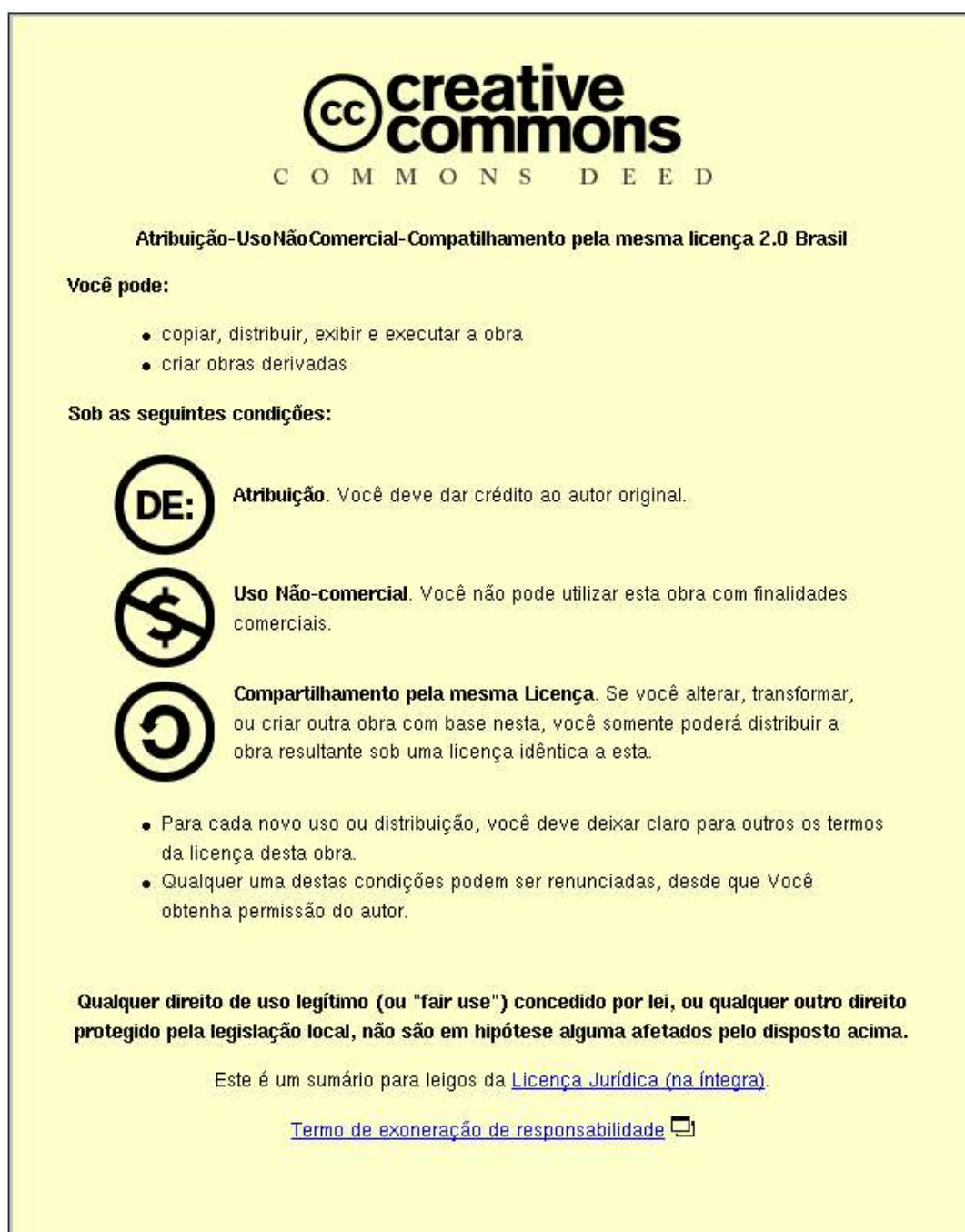


Fig. 3.2 – Exemplo do trabalho da CC

4. Especificações do consórcio Open Geospatial

Criado em 1994, o consórcio internacional **Open Geospatial** (OGC – Open Geospatial Consortium) era denominado, inicialmente, de Open GIS. Atualmente o termo OpenGIS é uma marca registrada que faz referência às diversas especificações do consórcio. O OGC possui a missão de desenvolver especificações para interfaces espaciais que serão disponibilizadas livremente para uso geral. Dentre as especificações disponíveis, serão abordadas as 4 que já estão sendo amplamente utilizadas, principalmente pelos SL.

SFS (*Simple Features Specification*): esta especificação define um formato, de acordo com o SQL padrão para armazenamento, leitura, análise e atualização de “feições simples” (dados geográficos) através de uma API⁵ (ODBC⁶). O OGC define uma “feição simples” como uma composição de atributos espaciais e metadados. Estas feições são baseadas em geometrias 2D com interpolação linear entre os vértices. O PostGIS é o módulo do PostgreSQL (SGBD de código aberto) que implementa essa especificação e estende as geometrias para 4 dimensões com inúmeras funcionalidades adicionais. O documento **99-049** do OGC define os detalhes dessa interface que deve conter, entre outras coisas, análises topológicas.

WFS (*Web Feature Service*): esta especificação apresenta uma forma de acesso (inserção, atualização, exclusão e análise) à feição através do ambiente WEB (HTTP). As operações entre clientes e servidores são baseadas no formato GML. Observe que, assim como a SFS, a WFS trabalha com dados vetoriais.

WMS (*Web Map Service*): esta especificação define 4 protocolos (*GetCapabilities*, *GetMap*, *GetFeatureInfo* e *DescribeLayer*) que permitem a leitura de múltiplas camadas de informações (layers) georreferenciadas, contendo vetores e/ou imagens. Essa conexão permite somente consulta de dados, sendo todo o processo de renderização do mapa feito no servidor. Com isso, o cliente recebe uma imagem que corresponde a uma visualização do mapa, de acordo com as camadas (vetoriais ou matriciais) solicitadas.

GML (*Geography Markup Language*): padrão baseado no XML desenvolvido para permitir o transporte e armazenamento de informações geográficas. Muitos softwares livres implementam esse formato, mas o formato mais utilizado para esta portabilidade ainda é o ESRI® Shapefile, sendo amplamente utilizado em sistemas comerciais e livres.

Agora que já foram abordadas, ainda que superficialmente, as especificações OpenGIS® mais utilizadas, pode-se tentar compreender como a sua integração pode trazer vantagens para um projeto. Na figura 4.1, é apresentado um exemplo de como as

5 *Application Programming Interface*: interface com funcionalidades específicas para o desenvolvimento de determinado tipo de aplicações, normalmente permitindo, através de determinadas rotinas, acesso a níveis mais baixos do sistema.

6 *Open DataBase Connectivity*: esta interface define uma padronização para acesso aos bancos de dados de forma a tornar mais transparente a conexão entre as aplicações e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).

especificações interagem com os sistemas de GEO.

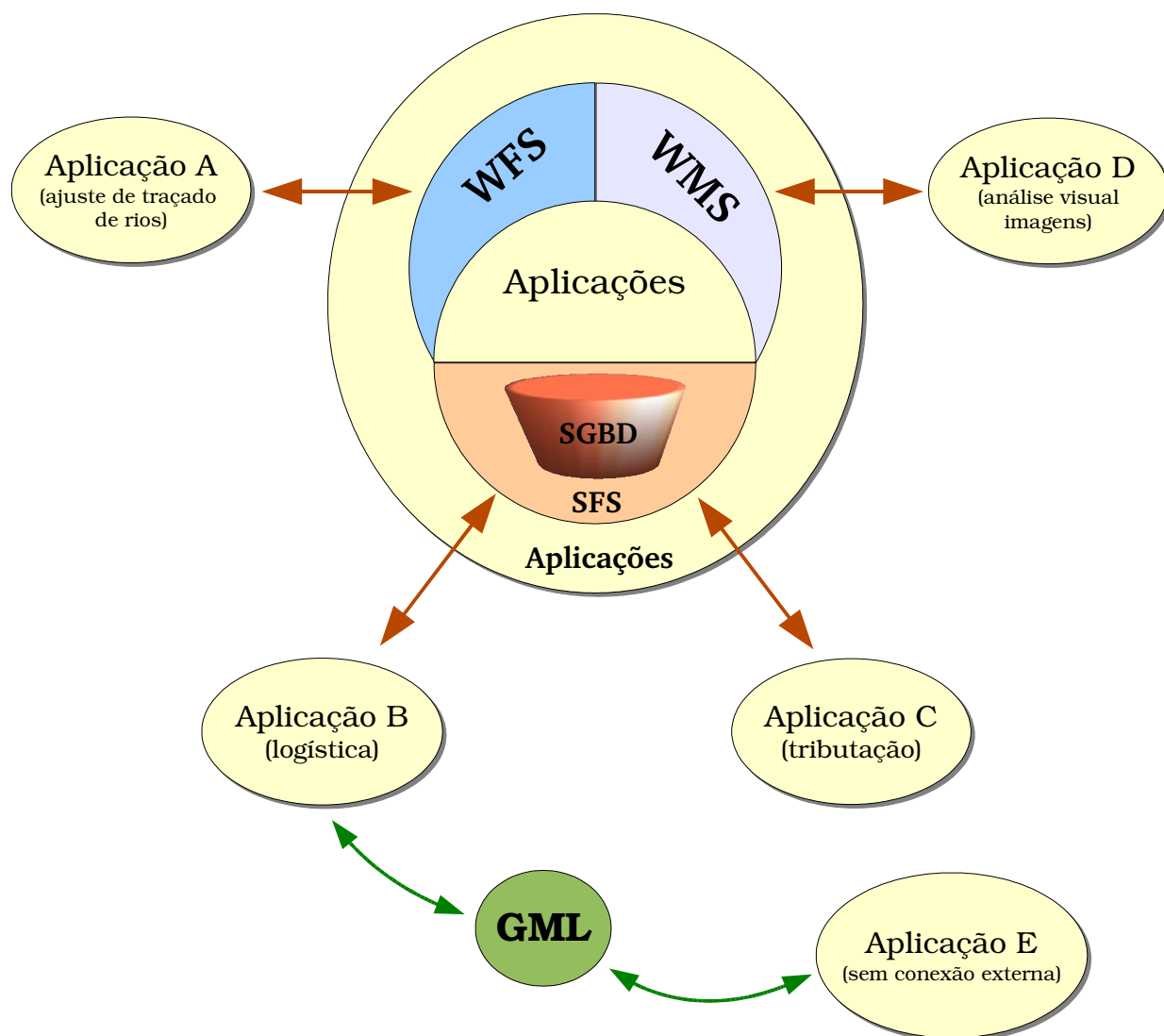


Fig. 4.1 – Especificações do OGC

Um fato interessante que pode ser observado é que apesar do OGC ter sido criado por empresas de soluções proprietárias, são justamente os softwares livres que aderiram mais rapidamente a essas especificações.

Dentre as especificações apresentadas, pode-se considerar a SFS como a mais importante, já que a mesma define a organização dos dados espaciais no BD Geográfico e as funções (análises) mais importantes de um SIG (análises topológicas, análises espaciais, etc). Desta forma, é aconselhável que uma instituição, ao contratar uma solução livre, exija que os dados vetoriais sejam armazenados de acordo com essa especificação.

5. Sistemas livres e de código aberto para área de Geotecnologias

O rápido crescimento do SL tem “inundado” o mercado com diversas aplicações em vários segmentos. Hoje quando se pensa numa solução livre para *groupware*, tem-se uma variedade de soluções disponíveis sem custo de licenciamento. O mesmo já está ocorrendo na área de Geotecnologias onde vários sistemas podem atender uma determinada demanda do usuário. Com vários caminhos possíveis, fica a dúvida sobre como escolher a melhor solução para uma determinada situação.

Neste contexto de identificar um “norte” que possa conduzir a implantação de uma solução de Geoprocessamento livre dentro de uma instituição, serão apresentadas algumas das principais soluções livres para o segmento de GEO com um resumo das características técnicas e experiências pessoais que possam ser úteis para os demais usuários.

5.1. Servidores

A) MapServer

Este sistema permite o desenvolvimento de aplicações popularmente conhecidas como “servidor de mapas”. O MapServer é o carro-chefe das aplicações de código aberto para área de Geotecnologias com inúmeros casos de uso ao redor do mundo. Comparado aos similares comerciais, deixa os concorrentes bem atrás em termos de flexibilidade no desenvolvimento de soluções de SIG para WEB. Para se ter uma idéia inicial do quanto esta ferramenta é completa, basta olhar a tabela 5.1 com os formatos suportados por este sistema.

Para quem não tem experiência em programação, o MapServer fornece um CGI com inúmeras funcionalidades para desenvolvimento de aplicações mais simples de SIG em ambiente WEB. Dentre estas funcionalidades, podemos citar as principais:

- Suporta aos formatos de vetores: ESRI® Shapefiles, PostGIS, ESRI® ArcSDE (versão alfa), etc;
- Suporte ao formato matricial (apenas 8-bit): TIFF/GeoTIFF, GIF, PNG, ERDAS, JPEG e EPPL7;
- Indexação espacial *quadtree* para shapefiles;
- Customizável através de templates;
- Seleção de características por item/valor, ponto, área ou outra característica;
- Suporte à fonte TrueType;
- Suporte para dados matriciais e vetoriais;
- Geração automática de legenda e barra de escala;
- Geração de mapas temáticos usando expressões lógicas ou regulares baseadas em classes;
- Característica de rotulação (*labels*) incluindo mediação de colisão de rótulos;
- Configuração dinâmica através de URLs;
- Projeção dinâmica.

Para programadores mais experientes, o MapServer fornece um completo API que pode ser acessado através de Python, Perl, PHP, Java e C (linguagem nativa). O site oficial oferece uma excelente (e vasta) documentação para quem desejar trabalhar com

esta aplicação. Também é possível obter ajuda nas comunidades⁷ de usuários dentro e fora do país, sendo o Brasil um dos países colaboradores⁸ no desenvolvimento do sistema. A única ressalva com relação às linguagens que permitem acesso ao API é que o suporte à Java é muito deficiente⁹

Com relação às especificações do OGC, este sistema trabalha com o SFS (através do PostGIS), WFS (somente leitura), WMS e GML. Já está em desenvolvimento, segundo o site oficial, o padrão WCS.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://mapserver.gis.umn.edu/
Site Traduzido:	http://mapserver.cttmar.univali.br/
Mantenedor (responsável):	Universidade de Minnesota
Linguagem (código-fonte):	C
Linguagem para acesso ao API:	Perl, PHP, Python e Java.
Licença:	Similar a MIT
Padrões OGC:	SFS (PostGIS), WFS (parcial), WMS e GML

Formatos Interpretados (Entrada)	<i>ESRI® Shapefile</i>
	<i>PostgreSQL/PostGIS (Padrão SFS do OGC)</i>
	<i>Oracle® Spatial</i>
	<i>ESRI® ArcSDE (versão alfa)</i>
	<i>JPEG, PNG e GIF (bibliotecas nativas – Linux)</i>
	<i>TIFF e GeoTIFF (bibliotecas externas)</i>
	<i>Formatos vetoriais do OGR (caso tenha sido compilado com esta biblioteca – veja o item 5.3)</i>
	<i>Formatos matriciais do GDAL (caso tenha sido compilado com esta biblioteca – veja o item 5.3)</i>
	<i>Camadas com conexão a um servidor WFS</i>
	<i>Camadas com conexão a um servidor WMS</i>
Formatos Gerados (Saída)	<i>GIF, JPEG e PNG</i>
	<i>Formatos matriciais do GDAL (caso tenha sido compilado com esta biblioteca – veja o item 5.3)</i>
	<i>PDF (biblioteca proprietária)</i>
	<i>Servidor WFS (somente leitura)</i>
	<i>Servidor WMS</i>

Tab. 5.1 – Formatos aceitos pelo MapServer

7 O site <http://mapserver.cttmar.univali.br/> é ligado ao projeto principal do MapServer. O grupo de discussão MapServer Brasil (http://br.groups.yahoo.com/group/mapserver_brasil/) é independente, conduzindo debates sobre vários sistemas livres para área de Geotecnologias. A comunidade GEOLivre.org.br está ligada ao Grupo MapServer Brasil.

8 A Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) em Santa Catarina desenvolveu o suporte ao Oracle Spatial e atualmente é responsável pela manutenção do mesmo.

9 A comunidade do MapServer está focada principalmente no suporte a PHP, Perl e Python.

B) GeoServer

Assim como o MapServer, este sistema é indicado para o desenvolvimento de aplicações de SIG para WEB. Ele é implementado em J2EE e contempla as principais especificações do OGC. Comparado ao MapServer, ele possui bem menos recursos, mas possui um ponto forte a favor: a implementação do padrão WFS foi escolhido pelo OGC como uma referência, sendo citado no portal CITE (OGC Compliance & Interoperability Testing & Evaluation – <http://cite.ocamlab.com>).

O GeoServer tem suporte para ESRI® Shapefiles, ESRI® ArcSDE, PostgreSQL/PostGIS e Oracle® Spatial. Ele trabalha com 4 padrões do OGC: SFS (PostGIS), WFS, WMS e GML. Com relação à conexão com o PostGIS, ele permite o acesso no nível da feição.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://geoserver.sourceforge.net/
Mantenedor (responsável):	Open Planning Project (financiador)
Linguagem (código-fonte):	Java
Licença:	GPL
Padrões OGC:	SFS (PostGIS, somente manipulação de feição), WFS, WMS e GML

5.2. Clientes (GIS Desktop)

A) JUMP (Java Unified Mapping Platform)

Este sistema é um *Framework* Java para o desenvolvimento de aplicações de SIG. Foi desenvolvido por uma empresa canadense e se tornou muito popular principalmente pelo ambiente gráfico bem amigável, pela excelente documentação e pela facilidade de programar novas funcionalidades. Neste ambiente orientado a objeto, uma característica muito interessante para instituições que estão em fase de migração é a flexibilidade de rodar em qualquer plataforma (característica da linguagem Java).

Internamente esse *Framework* é composto por uma biblioteca denominada JTS (veja o ítem 5.3) que implementa o padrão SFS (OGC), permitindo inúmeras análises topológicas sobre geometrias em 2D. Dentre as características técnicas, podemos citar:

- Completas ferramentas para manipulação de feições (visualização, edição e criação);
- Trabalha nativamente com arquivos em formato ESRI® Shapefiles e GML;
- Permite conexão a servidores WMS;
- Suporte ao PostGIS através de *plug-in* (os *plug-ins* disponíveis ainda não funcionam muito bem para esta conexão).

Com uma crescente comunidade, vários *plug-ins* estão sendo disponibilizados livremente na Internet, permitindo expandir as funcionalidades da ferramenta.

Uma limitação deste sistema é o fato de não possuir suporte para dados matriciais através da leitura de arquivos locais. Para se trabalhar com dados matriciais, é

necessário fazer uma conexão com um servidor WMS no qual esteja o banco de imagens (arquivos matriciais georeferenciados). Outro ponto limitante é o fato de não existir suporte interno para tratamento das projeções. Como a maioria dos usuários de GIS não trabalha com mudanças de projeção dando ênfase às análises, isso não dificulta os trabalhos mais usuais.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://www.jump-project.org/
Site Secundário:	http://www.vividsolutions.com/jump/
Mantenedor (responsável):	Vivid Solutions e Refrations Research
Linguagem (código-fonte):	Java
Licença:	GPL
Padrões OGC:	SFS (implementação parcial através do <i>plug-in</i> de conexão ao PostGIS e implementação total através da JTS), WMS e GML

B) Thuban

Este sistema é um visualizador para dados de SIG escrito em Python. Ele possui uma interface amigável e alguns recursos úteis, tais como:

- Suporte a dados vetoriais: ESRI® Shapefiles e conexão PostGIS;
- Suporte a dados matriciais: GeoTIFF;
- Permite análises (*queries*) e junções (*joins*) de tabelas;
- Possui suporte a projeções;
- Ferramenta de impressão e exportação de vetores;

Assim como o JUMP, este sistema é facilmente expansível através de *plug-ins*. Da mesma forma como Java, Python é uma linguagem orientada a objetos, permitindo maior facilidade na manutenção e expansão (reutilização de classes) do código-fonte. Por estes motivos, tanto o Thuban quanto o JUMP são os *Frameworks* mais indicados para que as instituições públicas desenvolvam as suas soluções SIG para *desktop* (cliente), dando continuidade às mesmas sem depender de alguma empresa privada (esta é uma das grandes vantagens do SL para as instituições públicas).

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://thuban.intevation.org/
Mantenedor (responsável):	Intevation GmbH (thuban@intevation.de)
Linguagem (código-fonte):	Python
Licença:	GPL
Padrões OGC:	SFS (PostGIS)

C) GRASS GIS (*Geographic Resources Analysis Support System*)

É o mais antigo sistema livre para aplicações de SIG. Na sua longa história, ele já mudou de mantenedor começando com o Exército Americano em 1982 (nesta época

ainda não era livre). Durante essa trajetória, o sistema incorporou poderosos recursos¹⁰ para área de Geotecnologias como:

- Tratamento sobre arquivos matriciais (recursos para vetorização, análises de correlação/covariância, reamostragem, ajuste das tabelas de cores, geração de superfície através de linhas vetoriais, etc);
- Análises 3D sobre arquivos matriciais (importação de dados 3D – ASCII formato x y z, interpolação, visualização, etc);
- Análises vetoriais (geração de contornos a partir de superfícies matriciais, ferramentas de digitalização, etc);
- Análises de malhas de pontos (triangulação – Delaunay, interpolação para geração de superfície, análises geodésicas, etc);
- Processamento de imagens (composição de cores, ajustes de histograma, ortorectificação, reamostragem, conversão de cores: IHS/RGB, etc);
- Análises sobre o MDT (geração de contornos, análises de caminhos/custos, etc);
- Visualização (análises sobre superfícies 3D, camadas vetoriais, camadas matriciais, etc);
- Criação de mapas (postscript, html, etc).

Apesar de uma quantidade grande de funcionalidades, o sistema carece de uma interface gráfica amigável e de uma Engenharia de Software. Ao contrário do Thuban e do JUMP no qual todo o trabalho do usuário está baseado num ambiente gráfico amigável, o usuário do GRASS precisa recorrer a linha de comando para ter acesso a alguns recursos.

Sem possuir um código orientado a objetos, este sistema dificulta a vida dos desenvolvedores que irão manter e/ou expandir o código do mesmo. Desta forma, se uma instituição pública contratar uma solução baseada no GRASS é bem provável que crie um vínculo de dependência com a empresa contratada.

Como o GRASS contempla conceitos mais técnicos da área de Geotecnologias, ele é uma ótima escolha acadêmica para os cursos de Engenharia Cartográfica, Geografia, Geologia, Geomática, etc.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://grass.itc.it/index.html
Site Secundário (<i>mirror</i>):	http://grass.ibiblio.org/index.html http://www.geog.uni-hannover.de/grass/index.html
Mantenedor (responsável):	Equipe de 19 desenvolvedores (<i>Core Team</i>)
Linguagem (código-fonte):	C
Licença:	GPL
Padrões OGC:	SFS (conexão ao PostGIS feita através do PostGRASS)

D) TerraView

Este sistema é um visualizador de bases cartográficas voltado para aplicações de SIG. Ele possui uma interface amigável e capacidade de manipular dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens). Ele foi desenvolvido pelo

¹⁰ Para conhecer todos os recursos disponíveis visite o site: <http://grass.itc.it/capabilities.html>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utilizando a biblioteca TerraLib (veja o item 5.3).

Com vários recursos estatísticos, este sistema é ideal para aplicações acadêmicas, permitindo o estudo de conceitos mais técnicos.

O TerraView possui algumas limitações que dificultam o emprego do mesmo em ambiente corporativo:

- Apesar de trabalhar com o PostgreSQL, o TerraView não segue a especificação SFS (OGC), trabalhando com uma estrutura de dados própria¹¹. Isto significa que uma base de dados criada pelo TerraView no PostgreSQL não pode ser acessada pelas aplicações que seguem a SFS (JUMP, Thuban, GRASS, QGIS, MapServer, GeoServer, etc);
- O projeto não incentiva a criação de uma comunidade para ajudar na manutenção e no desenvolvimento do sistema, tendo, como consequência, um site com pouca informação e manuais com abordagens superficiais.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.html
Mantenedor (responsável):	INPE
Linguagem (código-fonte):	C++
Licença:	GPL
Padrões OGC:	Nenhum

E) Quantum GIS

O QGIS é um visualizador de dados geográficos com interface amigável. Possui poucos recursos para tratamento dos dados (vetoriais ou matriciais), mas permite acesso a uma grande variedade de dados vetoriais através da biblioteca OGR (veja o item 5.3). Também suporta vários formatos matriciais (ESRI® ArcGrid, ERDAS, GeoTIFF, etc).

Com uma crescente comunidade, este projeto também contempla o padrão SFS (OGC) e já prevê, nas próximas versões, o desenvolvimento de ferramentas para edição de arquivos ESRI® Shapefiles e camadas do PostGIS.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://qgis.org
Site de Desenvolvimento:	http://sourceforge.net/projects/qgis
Mantenedor (responsável):	Gary Sherman
Linguagem (código-fonte):	C++
Licença:	GPL
Padrões OGC:	SFS (PostGIS)

¹¹ Esta limitação está relacionada à biblioteca TerraLib.

5.3. Bibliotecas para desenvolvimento

A) GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) / OGR Simple Feature Library

Esta é a biblioteca de código aberto mais poderosa no quesito visualização/conversão de formatos matriciais e vetoriais. Ela é amplamente utilizada não somente nos projetos livres, mas também nos sistemas proprietários. A biblioteca GDAL trata especificamente dos formatos matriciais (*raster*), mas internamente ela possui uma biblioteca denominada OGR que manipula os formatos vetoriais (*vector*).

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://www.remotesensing.org/gdal/
Site Secundário (<i>mirror</i>):	http://gdal.maptools.org/ http://gdal.maptools.org/ogr
Mantenedor (responsável):	Frank Warmerdam (http://gdal.velocet.ca/~warmerda/)
Linguagem (código-fonte):	C++
Licença:	MIT
Padrões OGC:	GML

Logo abaixo, são apresentadas 2 tabelas com os formatos suportados pela GDAL/OGR.

Nome do Formato	Código	Criação	Georeferenciamento	Tamanho máximo de Arquivo
Arc/Info ASCII Grid	AAIGrid	Sim	Sim	Sem Limite
Arc/Info Binary Grid (.adf)	AIG	Não	Sim	--
Microsoft Windows Device Independent Bitmap (.bmp)	BMP	Sim	Sim	4GB
BSB Nautical Chart Format (.kap)	BSB	Não	Sim	--
VTP Binary Terrain Format (.bt)	BT	Sim	Sim	--
CEOS (Spot for instance)	CEOS	Não	Não	--
First Generation USGS DOQ (.doq)	DOQ1	Não	Sim	--
New Labelled USGS DOQ (.doq)	DOQ2	Não	Sim	--
Military Elevation Data (.dt0, .dt1)	DTED	Não	Sim	--
ERMapper Compressed Wavelets (.ecw)	ECW	Sim	Sim	
ESRI .hdr Labelled	EHdr	Não	Sim	--
ENVI .hdr Labelled Raster	ENVI	Sim	Sim	Sem Limite
Envisat Image Product (.n1)	Envisat	Não	Não	--
EOSAT FAST Format	FAST	Não	Sim	--
FITS (.fits)	FITS	Sim	Não	
Graphics Interchange Format (.gif)	GIF	Sim	Não	2GB
Arc/Info Binary Grid (.adf)	GIO	Sim	Sim	
GRASS Rasters	GRASS	Não	Sim	--

Nome do Formato	Código	Criação	Georeferenciamento	Tamanho máximo de Arquivo
<i>TIFF / GeoTIFF (.tif)</i>	GTiff	Sim	Sim	4GB
<i>Hierarchical Data Format Release 4 (HDF4)</i>	HDF4	Sim	Sim	2GB
<i>Erdas Imagine (.img)</i>	HFA	Sim	Sim	Sem Limite
<i>Atlantis MFF2e</i>	HKV	Sim	Sim	Sem Limite
<i>Japanese DEM (.mem)</i>	JDEM	Não	Sim	--
<i>JPEG JFIF (.jpg)</i>	JPEG	Sim	Sim	4GB (resolução máxima: 65500x65500)
<i>JPEG2000 (.jp2, .j2k)</i>	JPEG2000	Sim	Sim	2GB
<i>JPEG2000 (.jp2, .j2k)</i>	JP2KAK	Sim	Sim	Sem Limite
<i>NOAA Polar Orbiter Level 1b Data Set (AVHRR)</i>	L1B	Não	Sim	--
<i>Erdas 7.x .LAN and .GIS</i>	LAN	Não	Sim	2GB
<i>In Memory Raster</i>	MEM	Sim	Sim	2GB
<i>Atlantis MFF</i>	MFF	Sim	Sim	Sem Limite
<i>Multi-resolution Seamless Image Database</i>	MrSID	Não	Sim	--
<i>NITF</i>	NITF	Sim	Sim	
<i>NetCDF</i>	netCDF	Sim	Sim	2GB
<i>OGDI Bridge</i>	OGDI	Não	Sim	--
<i>PCI .aux Labelled</i>	PAux	Sim	Não	Sem Limite
<i>PCI Geomatics Database File</i>	PCIDSK	Sim	Sim	Sem Limite
<i>Portable Network Graphics (.png)</i>	PNG	Sim	Não	
<i>Netpbm (.ppm, .pgm)</i>	PNM	Sim	Não	Sem Limite
<i>USGS SDTS DEM (*CATD.DDF)</i>	SDTS	Não	Sim	--
<i>SAR CEOS</i>	SAR_CEOS	Não	Sim	--
<i>USGS ASCII DEM (.dem)</i>	USGSDEM	Não	Sim	--
<i>X11 Pixmap (.xpm)</i>	XPM	Sim	Não	

Tab. 5.2 – Formatos matriciais suportados pela biblioteca GDAL

Nome do Formato	Criação	Georeferenciamento
<i>Arc/Info Binary Coverage</i>	Não	Sim
<i>Comma Separated Value (.csv)</i>	Sim	Não
<i>DODS/OPeNDAP</i>	Não	Sim
<i>ESRI Shapefile</i>	Sim	Sim
<i>FMEObjects Gateway</i>	Não	Sim
<i>GML</i>	Sim	Não
<i>IHO S-57 (ENC)</i>	Não	Sim
<i>Mapinfo File</i>	Sim	Sim
<i>Microstation DGN</i>	Não	Não
<i>OGDI Vectors</i>	Não	Sim
<i>ODBC</i>	Não	Sim
<i>Oracle Spatial</i>	Sim	Sim
<i>PostgreSQL</i>	Sim	Sim
<i>SDTS</i>	Não	Sim
<i>SQLite</i>	Sim	Não

Nome do Formato	Criação	Georeferenciamento
UK .NTF	Não	Sim
U.S. Census TIGER/Line	Não	Sim
VRT - Virtual Datasource	Não	Sim

Tab. 5.3 – Formatos vetoriais suportados pela biblioteca OGR

B) Proj4

Biblioteca mais utilizada nos sistemas livres (e de código aberto) para tratamento de projeções. Ela é a responsável, por exemplo, pelo recurso de mudança de projeção em tempo real presente no MapServer. Com capacidade de transformações entre diferentes elipsóides e datums, esta biblioteca é muito poderosa, tendo implementado complexos algoritmos matemáticos.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://www.remotesensing.org/proj
Site Secundário (<i>mirror</i>):	http://proj.maptools.org
Mantenedor (responsável):	Frank Warmerdam (http://gdal.velocet.ca/~warmerda/)
Linguagem (código-fonte):	C
Licença:	MIT
Padrões OGC:	Não aplicável

C) JTS Topology Suite

Poderosa biblioteca para análises espaciais sobre geometrias em 2D. Contemplando inúmeros operadores topológicos, a JTS segue a especificação SFS (OGC) sendo responsável pelas análises vetoriais presentes no JUMP.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://www.vividsolutions.com/jts
Mantenedor (responsável):	Vivid Solutions
Linguagem (código-fonte):	Java
Licença:	LGPL
Padrões OGC:	SFS

D) GEOS (Geometry Engine, Open Source)

Esta biblioteca é uma “tradução” da JTS de Java para C++. Este projeto de tradução surgiu para atender uma demanda existente no código do PostGIS (veja o capítulo 6), pois este não contempla a especificação SFS em 100%. A “criação” da GEOS tornou

possível a total compatibilidade do PostGIS com a SFS, pois agora é possível compilar o PostGIS incluindo o código da GEOS. Este é um exemplo de interação entre empresas dentro da filosofia do SL.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://geos.refrations.net
Mantenedor (responsável):	Refrations Research (info@refrations.net)
Linguagem (código-fonte):	C++
Licença:	GPL
Padrões OGC:	SFS

E) TerraLib

Excelente biblioteca para o desenvolvimento de aplicações em SIG. A TerraLib tem por meta permitir o desenvolvimento de ambientes SIG que incorporem os mais recentes avanços da Ciência da Geoinformação, com ênfase no uso de sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD) para armazenar todos os tipos de dados geográficos.

Apesar de bastante flexível, esta biblioteca adota um modelo geográfico de dados diferente do SFS (OGC). Com isso, aplicações baseadas nela “herdarão” esta característica. Este é o caso do TerraView e do TerraCrime, cujas bases não podem ser acessadas pelos vários sistemas livres que seguem o OGC (JUMP, GRASS, Thuban, etc).

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://terralib.dpi.inpe.br/portugues.html
Mantenedor (responsável):	INPE
Linguagem (código-fonte):	C++
Licença:	LGPL
Padrões OGC:	Nenhum

F) Geotools

Conjunto de ferramentas (bibliotecas) Java voltadas para o desenvolvimento de aplicações em SIG. Este projeto também está focado no caminho dos padrões do OGC. A especificação SFS é implementada através da biblioteca JTS. Entre os recursos deste conjunto de ferramentas, podemos citar:

- Suporte para inúmeros formatos vetoriais e matriciais:
 - ESRI® Shapefile (escrita e leitura);
 - GML (somente leitura - em desenvolvimento);
 - WFS (somente leitura - em desenvolvimento);
 - PostGIS (escrita e leitura);
 - Oracle® Spatial (somente leitura);
 - ESRI® ArcSDE (somente leitura);

- MySQL;
- GeoMedia (somente leitura);
- Tiger (somente leitura);
- VPF (somente leitura - em desenvolvimento);
- MapInfo – par MIF e MID (somente leitura);
- ArcGrid – ArcInfo ASCII Grid e GRASS ASCII Grid (leitura/escrita);
- GeoTIFF (somente leitura - em desenvolvimento);
- Imagens com georeferenciamento baseado em “arquivo de mundo” (leitura/escrita);
- WMS (somente leitura - em desenvolvimento).
- Análises topológicas sobre as geometrias (JTS);
- Transformação de coordenadas;
- 2 implementações para renderização.

Quadro Resumido	
Site Principal:	http://www.geotools.org
Mantenedor (responsável):	Comunidade do próprio projeto.
Linguagem (código-fonte):	Java
Licença:	LGPL
Padrões OGC:	SFS e alguns documentos: 01-009, 01-004 e 02-070.

5.4. Relação entre os softwares livres para Geotecnologias e os padrões do OGC

Devido a importância que a padronização do OGC tem tomado em termos mundiais, entender quais os softwares podem compor uma solução baseada nestes padrões abertos é fundamental para o sucesso de um projeto de Geoprocessamento. Neste sentido, foi preparado um quadro resumido para melhor compreensão.

Aplicações	Especificações OGC			
	SFS	WFS	WMS	GML
MapServer (<i>SFS através da conexão PostGIS</i>)	●	◐	●	●
GeoServer (<i>SFS através da conexão PostGIS</i>)	◐	●	●	●
JUMP ¹² (<i>SFS através da JTS e da conexão PostGIS</i>)	● ou ◐		●	●
Thuban (<i>SFS através da conexão PostGIS</i>)	◐			
GRASS (<i>SFS através da conexão PostGIS</i>)	●			●
TerraView (TerraLib)		○	○	
GDAL/OGR				●
JTS/GEOS	●			
Geotools	●	○	○	○

Tab. 5.4 – Compatibilidade com o OGC. Notação: ● - implementação total, ◐ - implementação parcial e ○ - previsão de desenvolvimento.

¹² Através da JTS o JUMP é 100% SFS, porém o *plug-in* do PostGIS funciona parcialmente.

6. Banco de Dados Geográfico livre

A sociedade vive uma crescente demanda por sistemas para armazenamento de informações, visando organizar uma produção de conhecimento cada vez maior. Quando a Cartografia entrou na era digital, a necessidade de armazenamento também se tornou essencial, pois as bases evoluíram agregando uma quantidade cada vez maior de informação para atender as novas demandas do mercado.

Acompanhando as novas necessidades dos usuários de Geotecnologias, os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) criaram módulos (extensões) específicos para armazenamento e análise dos dados geográficos. Com isso, tornou-se possível organizar ambientes contendo sistemas clientes acessando todos os dados espaciais num banco de dados centralizado, tanto num servidor como num *cluster*.

O PostgreSQL (www.postgres.org) foi o primeiro SGBD de código aberto a trabalhar com um módulo específico para o tratamento dos dados geográficos vetoriais. Este módulo denominado de PostGIS (postgis.refractory.net) foi desenvolvido por uma empresa canadense chamada Refractory Research (refractory.net) e segue a especificação SFS (*Simple Features Specification*) do OGC.

Para que o PostGIS contemple toda a SFS, é necessário que ele seja compilado juntamente com a biblioteca GEOS (*Geometry Engine - Open Source*). Com isso, o PostGIS passa a possuir mais de 130 funções e operadores para o tratamento de dados geográficos vetoriais, podendo atender todas as demandas presentes numa instituição onde antigamente somente era possível com o Oracle® Spatial ou Microsoft® SQL Server (com o ArcSDE).

O PostgreSQL suporta três tipos de indexação nativos: *B-Tree*, *R-Tree* e *GiST* (*Generalized Search Trees*). O *B-Tree* é usado para ordenação de dados em um eixo somente, logo ele não tem muita utilidade para tratamento de dados geográficos. Já o *R-Tree* divide os dados em retângulos que, por sua vez, podem ser novamente divididos em novos retângulos, e assim sucessivamente. Apesar do *R-Tree* ser utilizado por alguns bancos de dados espaciais para indexação de dados em SIG, a implementação do *R-Tree* do PostgreSQL não é tão robusta quanto a implementação *GiST*. Esta última pode ser entendida de maneira simples como uma divisão dos dados em “objetos ao lado de”, “objetos que se sobrepõem a”, “objetos que estão dentro de”, etc. Assim como as outras indexações, ela é utilizada para acelerar pesquisas, porém ela pode tratar uma variedade de estruturas de dados irregulares, o que não é possível com o *B-Tree*. Devido às limitações do *R-Tree* do PostgreSQL, o PostGIS emprega a *R-Tree* construída sobre o *GiST*.

O site do MySQL já está anunciando, para a próxima versão, a implementação da SFS. Com isso, será possível desenvolver aplicações livres para SIG também sobre o MySQL dentro das especificações do OGC. Esta padronização é fundamental para a integração de soluções e o intercâmbio de dados com o PostGIS.

Com as opções livres apresentadas acima, fica claro que não existe justificativa técnica para uma instituição optar pela compra de um SGBD proprietário para compor uma solução de Geoprocessamento, pois o PostgreSQL/PostGIS é uma opção madura e muito poderosa.

Apêndice A

API	Application Programming Interface. O método específico recomendado por um sistema operacional de computador, aplicativo ou ferramenta de terceiros, pelo qual um programador escrevendo um aplicativo pode fazer requisições do sistema operacional. Também conhecido por Application Programmers Interface.
Software Livre	Está definido em: http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html .
GPL	General Public License do GNU.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol. Um conjunto de regras para troca de arquivos (texto, gráficos, imagens, som, vídeo, e outros arquivos multimídia) na World Wide Web. Com relação ao jogo de protocolos TCP/IP (que são a base para troca de informação na Internet), o http é um protocolo de aplicativo.
LGPL	Lesser General Public License do GNU
ODBC	Open Database Connectivity. Uma interface de programação de aplicativo de padrão aberto (application programming interface - API) para acessar um banco de dados. Usando relatórios ODBC em um programa, pode-se acessar arquivos em vários bancos de dados diferentes, inclusive Access, dBase, DB2, Excel, e Text. Além do software ODBC, é necessário um módulo ou driver separado para cada banco de dados a ser acessado.
SQL	Structured Query Language. Uma linguagem de programação e interativa padrão para obter informação de um banco de dados e para atualizá-lo. Embora o SQL seja padrão ANSI e ISO, muitos produtos de banco de dados suportam o SQL com extensões proprietárias para a linguagem padrão. As queries assumem o formato de uma linguagem comando que permite selecionar, inserir, atualizar e encontrar o local dos dados, e assim por diante. Também há uma interface de programação.
XML	Extensible Markup Language. Uma forma flexível para formatos de informação e para partilhar o formato e os dados na World Wide Web, nas intranets, e em qualquer outro lugar. O XML é uma recomendação formal do World Wide Web Consortium (W3C), similar à linguagem das páginas da Web atuais, o Hypertext Markup Language (HTML).

Apêndice B



Atribuição - Uso não-Comercial - Compartilhamento pela mesma licença 2.0

A INSTITUIÇÃO CREATIVE COMMONS NÃO É UM ESCRITÓRIO DE ADVOCACIA E NÃO PRESTA SERVIÇOS JURÍDICOS. A DISTRIBUIÇÃO DESTA LICENÇA NÃO ESTABELECE QUALQUER RELAÇÃO ADVOCATÍCIA. O CREATIVE COMMONS DISPONIBILIZA ESTA INFORMAÇÃO "NO ESTADO EM QUE SE ENCONTRA". O CREATIVE COMMONS NÃO FAZ QUALQUER GARANTIA QUANTO ÀS INFORMAÇÕES DISPONIBILIZADAS E SE EXONERA DE QUALQUER RESPONSABILIDADE POR DANOS RESULTANTES DO SEU USO.

Licença

A OBRA (CONFORME DEFINIDA ABAIXO) É DISPONIBILIZADA DE ACORDO COM OS TERMOS DESTA LICENÇA PÚBLICA CREATIVE COMMONS ("CCPL" OU "LICENÇA"). A OBRA É PROTEGIDA POR DIREITO AUTORAL E/OU OUTRAS LEIS APLICÁVEIS. QUALQUER USO DA OBRA QUE NÃO O AUTORIZADO SOB ESTA LICENÇA OU PELA LEGISLAÇÃO AUTORAL É PROIBIDO.

AO EXERCER QUAISQUER DOS DIREITOS À OBRA AQUI CONCEDIDOS, VOCÊ ACEITA E CONCORDA FICAR OBRIGADO NOS TERMOS DESTA LICENÇA. O LICENCIANTE CONCEDE A VOCÊ OS DIREITOS AQUI CONTIDOS EM CONTRAPARTIDA À SUA ACEITAÇÃO DESTES TERMOS E CONDIÇÕES.

1. Definições

- a. "**Obra Coletiva**" significa uma obra, tal como uma edição periódica, antologia ou enciclopédia, na qual a Obra em sua totalidade e de forma inalterada, em conjunto com um número de outras contribuições, constituindo obras independentes e separadas em si mesmas, são agregadas em um trabalho coletivo. Uma obra que constitua uma Obra Coletiva não será considerada Obra Derivada (conforme definido abaixo) para os propósitos desta licença.
- b. "**Obra Derivada**" significa uma obra baseada sobre a Obra ou sobre a Obra e outras obras pré-existentes, tal como uma tradução, arranjo musical, dramatização, romantização, versão de filme, gravação de som, reprodução de obra artística, resumo, condensação ou qualquer outra forma na qual a Obra possa ser refeita, transformada ou adaptada, com a exceção de que uma obra que constitua uma Obra Coletiva não será considerada Obra Derivada para fins desta licença. Para evitar dúvidas, quando a Obra for uma composição musical ou gravação de som, a sincronização da Obra em relação cronometrada com uma imagem em movimento ("synching") será considerada uma Obra Derivada para os propósitos desta licença.
- c. "**Licenciante**" significa a pessoa física ou a jurídica que oferece a Obra sob os termos desta licença.
- d. "**Autor Original**" significa a pessoa física ou jurídica que criou a Obra.
- e. "**Obra**" significa a obra autoral, passível de proteção pelo direito autoral, oferecida sob os termos desta licença.
- f. "**Você**" significa a pessoa física ou jurídica exercendo direitos sob esta Licença que não tenha previamente violado os termos desta Licença com relação à Obra, ou que tenha recebido permissão expressa do Licenciante para exercer direitos sob esta Licença apesar de uma violação prévia.
- g. "**Elementos da Licença**" significa os principais atributos da licença correspondente, conforme escolhidos pelo licenciante e indicados no título desta licença: Atribuição, Compartilhamento pela Mesma Licença.

2. Direitos de Uso Legítimo. Nada nesta licença deve ser interpretado de modo a reduzir, limitar ou restringir quaisquer direitos relativos ao uso legítimo, ou outras limitações sobre os direitos exclusivos do titular de direitos autorais sob a legislação autoral ou quaisquer outras leis aplicáveis.

3. Concessão da Licença. O Licenciante concede a Você uma licença de abrangência mundial, sem royalties, não-exclusiva, perpétua (pela duração do direito autoral aplicável), sujeita aos termos e condições desta Licença, para exercer os direitos sobre a Obra definidos abaixo:

- a. reproduzir a Obra, incorporar a Obra em uma ou mais Obras Coletivas e reproduzir a Obra quando incorporada em Obra Coletiva;
- b. criar e reproduzir Obras Derivadas;
- c. distribuir cópias ou gravações da Obra, exibir publicamente, executar publicamente e executar publicamente por meio de uma transmissão de áudio digital a Obra, inclusive quando incorporada em Obras Coletivas;
- d. distribuir cópias ou gravações de Obras Derivadas, exibir publicamente, executar publicamente e executar publicamente por meio de uma transmissão digital de áudio Obras Derivadas.

Os direitos acima podem ser exercidos em todas as mídias e formatos, independente de serem conhecidos agora ou concebidos posteriormente. Os direitos acima incluem o direito de fazer modificações que forem tecnicamente necessárias para exercer os direitos em outras mídias, meios e formatos. Todos os direitos não concedidos expressamente pelo Licenciante ficam aqui reservados, incluindo, mas não se limitando, os direitos definidos nas Seções 4(e) e 4(f).

4. Restrições. A licença concedida na Seção 3 acima está expressamente sujeita e limitada aos seguintes termos:

- a. Você pode distribuir, exibir publicamente, executar publicamente ou executar publicamente por meios digitais a Obra apenas sob os termos desta Licença, e Você deve incluir uma cópia desta licença, ou o Identificador Uniformizado de Recursos (Uniform Resource Identifier) para esta Licença, com cada cópia ou gravação da Obra que Você distribuir, exibir publicamente, executar publicamente, ou executar publicamente por meios digitais. Você não poderá oferecer ou impor quaisquer termos sobre a Obra que alterem ou restrinjam os termos desta Licença ou o exercício dos direitos aqui concedidos aos destinatários. Você não poderá sub-licenciar a Obra. Você deverá manter intactas todas as informações que se referem a esta Licença e à exclusão de garantias. Você não pode distribuir, exibir publicamente, executar publicamente ou executar publicamente por meios digitais a Obra com qualquer medida tecnológica que controle o acesso ou o uso da Obra de maneira inconsistente com os termos deste Acordo de Licença. O disposto acima se aplica à Obra enquanto incorporada em uma Obra Coletiva, mas isto não requer que a Obra Coletiva, à parte da Obra em si, esteja sujeita aos termos desta Licença. Se Você criar uma Obra Coletiva, em havendo notificação de qualquer Licenciante, Você deve, na medida do razoável, remover da Obra Coletiva qualquer referência a este Licenciante ou Autor Original, conforme solicitado. Se você criar uma Obra Derivada, em havendo notificação de qualquer Licenciante, Você deve, na medida do razoável, remover da Obra Derivada qualquer referência a este Licenciante ou ao Autor Original, conforme solicitado.
- b. Você pode distribuir, exibir publicamente, executar publicamente ou executar publicamente por meios digitais uma Obra Derivada somente sob os termos desta Licença, ou de uma versão posterior desta licença com os mesmos Elementos da Licença desta licença, ou de uma licença do internacional do Creative Commons (iCommons) que contenha os mesmos Elementos da Licença desta Licença (por exemplo, Atribuição, Uso Não Comercial, Compartilhamento pela Mesma Licença Japão). Você deve incluir uma cópia desta licença ou de outra licença especificada na sentença anterior, ou o Identificador Uniformizado de Recursos (Uniform Resource Identifier) para esta licença ou de outra licença especificada na sentença anterior, com cada cópia ou gravação de cada Obra Derivada que Você distribuir, exibir publicamente, executar publicamente ou executar publicamente por meios digitais. Você não poderá oferecer ou impor quaisquer termos sobre a Obra Derivada que alterem ou restrinjam os termos desta Licença ou o exercício dos direitos aqui concedidos aos destinatários, e Você deverá manter intactas todas as informações que se refiram a esta Licença e à exclusão de garantias. Você não poderá distribuir, exibir publicamente, executar publicamente ou executar publicamente por meios digitais a Obra Derivada com qualquer medida tecnológica que controle o acesso ou o uso da Obra de maneira inconsistente com os termos deste Acordo de Licença. O disposto acima se aplica à Obra Derivada quando incorporada em uma Obra Coletiva, mas isto não requer que a Obra Coletiva, à parte da Obra em si, esteja sujeita aos termos desta Licença.
- c. Você não poderá exercer nenhum dos direitos acima concedidos a Você na Seção 3 de qualquer maneira que seja predominantemente intencionada ou direcionada à obtenção de vantagem comercial ou compensação monetária privada. A troca da Obra por outros materiais protegidos por direito autoral através de compartilhamento digital de arquivos ou de outras formas não deverá ser considerada como intencionada ou direcionada à obtenção de vantagens comerciais ou compensação monetária privada, desde que não haja pagamento de nenhuma compensação monetária com relação à troca de obras protegidas por direito de autor.
- d. Se Você distribuir, exibir publicamente, executar publicamente ou executar publicamente por meios digitais a Obra ou qualquer Obra Derivada ou Obra Coletiva, Você deve manter intactas todas as informações relativas a direitos autorais sobre a Obra e atribuir ao Autor Original crédito razoável com relação ao meio ou mídia que Você está utilizando, através da veiculação do nome (ou pseudônimo, se for o caso) do Autor Original, se fornecido; o título da Obra, se fornecido; na medida do razoável, o Identificador Uniformizado de Recursos (URI) que o Licenciante especificar para estar associado à Obra, se houver, exceto se o URI não se referir ao aviso de direitos autorais ou à informação sobre o regime de licenciamento da Obra; e no caso de Obra Derivada, crédito identificando o uso da Obra na Obra Derivada (exemplo: "Tradução Francesa da Obra de Autor Original", ou "Roteiro baseado na Obra original de Autor Original"). Tal crédito pode ser implementado de qualquer forma razoável; entretanto, no caso de Obra Derivada ou Obra Coletiva, este crédito aparecerá no mínimo onde qualquer outro crédito comparável de autoria aparece e de modo ao menos tão proeminente quanto este outro crédito de autoria comparável.
- e. De modo a tornar claras estas disposições, quando uma Obra for uma composição musical:
 - i. **Royalties e execução pública.** O Licenciante reserva o seu direito exclusivo de coletar, seja individualmente ou através de entidades coletoras de direitos de execução (por exemplo, ECAD, ASCAP, BMI, SESAC), o valor dos seus direitos autorais pela execução pública da obra ou execução pública digital (por exemplo, webcasting) da Obra se esta execução for predominantemente intencionada ou direcionada à obtenção de vantagem comercial ou compensação monetária privada.
 - ii. **Royalties e Direitos fonomecânicos.** O Licenciante reserva o seu direito exclusivo de coletar, seja individualmente ou através de uma entidade designada como seu agente (por exemplo, a agência Harry Fox), royalties relativos a quaisquer gravações que Você criar da Obra (por exemplo, uma versão "cover") e distribuir, conforme as disposições aplicáveis de direito autoral, se a distribuição feita por Você de versão "cover" for predominantemente intencionada ou direcionada à obtenção de vantagem comercial ou compensação monetária privada.

- f. **Direitos de Execução Digital pela Internet (Webcasting) e royalties.** De modo a evitar dúvidas, quando a Obra for uma gravação de som, o Licenciante reserva o seu direito exclusivo de coletar, seja individualmente ou através de entidades coletoras de direitos de execução (por exemplo, SoundExchange ou ECAD), royalties e direitos autorais pela execução digital pública (por exemplo, Webcasting) da Obra, conforme as disposições aplicáveis de direito autoral, se a execução digital pública feita por Você for predominantemente intencionada ou direcionada à obtenção de vantagem comercial ou compensação monetária privada.

5. Declarações, Garantias e Exoneração. EXCETO QUANDO FOR DE OUTRA FORMA MUTUAMENTE ACORDADO PELAS PARTES POR ESCRITO, O LICENCIANTE OFERECE A OBRA “NO ESTADO EM QUE SE ENCONTRA” (AS IS) E NÃO PRESTA QUAISQUER GARANTIAS OU DECLARAÇÕES DE QUALQUER ESPÉCIE RELATIVAS À OBRA, SEJAM ELAS EXPRESSAS OU IMPLÍCITAS, DECORRENTES DA LEI OU QUAISQUER OUTRAS, INCLUINDO, SEM LIMITAÇÃO, QUAISQUER GARANTIAS SOBRE A TITULARIDADE DA OBRA, ADEQUAÇÃO PARA QUAISQUER PROPÓSITOS, NÃO-VIOLAÇÃO DE DIREITOS, OU INEXISTÊNCIA DE QUAISQUER DEFEITOS LATENTES, ACURACIDADE, PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE ERROS, SEJAM ELES APARENTES OU OCULTOS. EM JURISDIÇÕES QUE NÃO ACEITEM A EXCLUSÃO DE GARANTIAS IMPLÍCITAS, ESTAS EXCLUSÕES PODEM NÃO SE APLICAR A VOCÊ.

6. Limitação de Responsabilidade. EXCETO NA EXTENSÃO EXIGIDA PELA LEI APLICÁVEL, EM NENHUMA CIRCUNSTÂNCIA O LICENCIANTE SERÁ RESPONSÁVEL PARA COM VOCÊ POR QUAISQUER DANOS, ESPECIAIS, INCIDENTAIS, CONSEQUÊNCIAS, PUNITIVOS OU EXEMPLARES, ORIUNDOS DESTA LICENÇA OU DO USO DA OBRA, MESMO QUE O LICENCIANTE TENHA SIDO AVISADO SOBRE A POSSIBILIDADE DE TAIS DANOS.

7. Terminação

- a. Esta Licença e os direitos aqui concedidos terminarão automaticamente no caso de qualquer violação dos termos desta Licença por Você. Pessoas físicas ou jurídicas que tenham recebido Obras Derivadas ou Obras Coletivas de Você sob esta Licença, entretanto, não terão suas licenças terminadas desde que tais pessoas físicas ou jurídicas permaneçam em total cumprimento com essas licenças. As Seções 1, 2, 5, 6, 7 e 8 subsistirão a qualquer terminação desta Licença.
- b. Sujeito aos termos e condições dispostos acima, a licença aqui concedida é perpétua (pela duração do direito autoral aplicável à Obra). Não obstante o disposto acima, o Licenciante reserva-se o direito de difundir a Obra sob termos diferentes de licença ou de cessar a distribuição da Obra a qualquer momento; desde que, no entanto, quaisquer destas ações não sirvam como meio de retratação desta Licença (ou de qualquer outra licença que tenha sido concedida sob os termos desta Licença, ou que deva ser concedida sob os termos desta Licença) e esta Licença continuará válida e eficaz a não ser que seja terminada de acordo com o disposto acima.

8. Outras Disposições

- a. Cada vez que Você distribuir ou executar publicamente por meios digitais a Obra ou uma Obra Coletiva, o Licenciante oferece ao destinatário uma licença da Obra nos mesmos termos e condições que a licença concedida a Você sob esta Licença.
- b. Cada vez que Você distribuir ou executar publicamente por meios digitais uma Obra Derivada, o Licenciante oferece ao destinatário uma licença à Obra original nos mesmos termos e condições que foram concedidos a Você sob esta Licença.
- c. Se qualquer disposição desta Licença for tida como inválida ou não-executável sob a lei aplicável, isto não afetará a validade ou a possibilidade de execução do restante dos termos desta Licença e, sem a necessidade de qualquer ação adicional das partes deste acordo, tal disposição será reformada na mínima extensão necessária para tal disposição tornar-se válida e executável.
- d. Nenhum termo ou disposição desta Licença será considerado renunciado e nenhuma violação será considerada consentida, a não ser que tal renúncia ou consentimento seja feito por escrito e assinado pela parte que será afetada por tal renúncia ou consentimento.
- e. Esta Licença representa o acordo integral entre as partes com respeito à Obra aqui licenciada. Não há entendimentos, acordos ou declarações relativas à Obra que não estejam especificadas aqui. O Licenciante não será obrigado por nenhuma disposição adicional que possa aparecer em quaisquer comunicações provenientes de Você. Esta Licença não pode ser modificada sem o mútuo acordo, por escrito, entre o Licenciante e Você.

O Creative Commons não é uma parte desta Licença e não presta qualquer garantia relacionada à Obra. O Creative Commons não será responsável perante Você ou qualquer outra parte por quaisquer danos, incluindo, sem limitação, danos gerais, especiais, incidentais ou consequentes, originados com relação a esta licença. Não obstante as duas frases anteriores, se o Creative Commons tiver expressamente se identificado como o Licenciante, ele deverá ter todos os direitos e obrigações do Licenciante.

Exceto para o propósito delimitado de indicar ao público que a Obra é licenciada sob a CCPL (Licença Pública Creative Commons), nenhuma parte deverá utilizar a marca "Creative Commons" ou qualquer outra marca ou logo relacionado ao Creative Commons sem consentimento prévio e por escrito do Creative Commons. Qualquer uso permitido deverá ser de acordo com as diretrizes do Creative Commons de utilização da marca então válidas, conforme sejam publicadas em seu website ou de outro modo disponibilizadas periodicamente mediante solicitação.

O Creative Commons pode ser contactado pelo endereço: <http://www.creativecommons.org>

Referências

Laurent, Andrew M. St.. Understanding Open Source and Free Software Licensing, Agosto/2004

Governo Federal, Guia de Migração para Software Livre, Versão 0.9.

GNU Operating System – Free Software Foundation - <http://www.fsf.org> (18-07-2004)

Open Source Initiative (OSI) - <http://www.opensource.org> (18-07-2004)