

**LUCA ARAÚJO EGAS PRIETO**

**SISTEMA DE AUXÍLIO À PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS BASEADO NA  
FÓRMULA DE MONTE ALEGRE**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de  
Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do curso de Ciência da  
Computação para obtenção do título de Bacharel em  
Ciência da Computação.

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010

**LUCA ARAÚJO EGAS PRIETO**

**SISTEMA DE AUXÍLIO À PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS BASEADO NA  
FÓRMULA DE MONTE ALEGRE**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Prevenção de Incêndios Florestais

Orientador: Prof. André Vital Saúde

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

2010

**Ficha Catalográfica preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca  
Central da UFLA**

Prieto, Luca Araújo Egas.

Sistema De Auxílio À Prevenção De Incêndios Baseado na Fórmula de Monte Alegre./Luca Araújo Egas Prieto.

Lavras – Minas Gerais, 2010. 46 p.: il.

Monografia de Graduação – Universidade Federal de Lavras. Departamento de Ciência da Computação.

1. SIG. 2. Risco Incêndio. 3. Arquitetura Orientada a Serviço.

I. Prieto, L.A.E. II. Universidade Federal de

Lavras. III. Sistema De Auxílio À Prevenção De Incêndios Baseado na Fórmula de Monte Alegre

**LUCA ARAÚJO EGAS PRIETO**

**SISTEMA DE AUXÍLIO À PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS BASEADO NA  
FÓRMULA DE MONTE ALEGRE**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de  
Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do curso de Ciência da  
Computação para obtenção do título de Bacharel em  
Ciência da Computação.

Aprovada em 17 de novembro de 2010

---

Msc. Samuel Rodrigues de Sales Campos

---

Prof. Dr. Sanderson Lincohn Gonzaga de Oliveira

---

Prof. Dr. André Vital Saúde  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

## **Dedicatória.**

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele, nada seria possível e não estaríamos aqui reunidos, desfrutando, juntos, destes momentos que nos são tão importantes.*

*Aos meus pais Braulio e Maria do Carmo e a Gabriela; pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.*

*Em especial, aos meus grandes amigos da republica Bicho de Pé e aos companheiros do LEMAF, por sua confiança e credibilidade em minha pessoa, e também pela continuidade de suas amizades, e, pelo mútuo aprendizado de vida, durante nossa convivência, no campo profissional e particular.*

*Ao meu orientador André Saúde pela força em uma hora que precisei e à orientação durante a graduação.*

*“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso.” (Albert Einstein).*

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE EQUAÇÕES .....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
3. METODOLOGIA .....	24
4. RESULTADOS.....	37
5. CONCLUSÕES.....	43
6. TRABALHOS FUTUROS.....	45
7. EQUIPE.....	46
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Biomas do Brasil e a localização da fazenda Monte Alegre.....	10
Figura 2- Processo de Extração de Informações em um BI .....	13
Figura 3 - Influência do Método de Interpolação de Distância Inversa .....	21
Figura 4 - Arquitetura do Framework.....	25
Figura 5 - Árvore de Decisão do Risco de Incêndio.....	32
Figura 6 - Exemplo de Cálculo do Risco de Incêndio.....	33
Figura 7 - Estações Cadastradas no sistema .....	34
Figura 8 - SIG Web Previcêndio .....	37
Figura 9 - Interface do BI – AmBIente.....	38
Figura 10 - Risco de Incêndio nos municípios de Minas Gerais no dia 15/10/2010.....	39
Figura 11 - Cruzamento do Risco de Incêndio e Focos de Calor .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grau de Perigo Telicyn.....	6
Tabela 2 - Restrições do Índice de Nesterov .....	7
Tabela 3 - Grau de perigo de Nesterov .....	8
Tabela 4 - Restrições de Monte Alegre .....	9
Tabela 5 - Grau de Risco de Monte Alegre .....	9
Tabela 6 - Relação entre Expoente e a Distância .....	23
Tabela 7 - Funcionalidades básicas do Sistema .....	26
Tabela 8 - Ferramentas de Gestão .....	26

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Formula do Índice Logarítmico do Telicyn.....	5
Equação 2 - Fórmula do Índice de Nesterov .....	6
Equação 3 - Fórmula do Déficit de Saturação do Ar.....	7
Equação 4 - Fórmula de Monte Alegre .....	8
Equação 5 - Polinômio Interpolador.....	19
Equação 6 - Sistema de Interpolação Linear .....	19
Equação 7 - Fórmula Genérica do Polinômio Interpolador.....	19
Equação 8 - Interpolação Cúbica.....	19
Equação 9 - Fórmula do Quadrado Inverso.....	22
Equação 10 - Fórmula do Quadrado Inverso com uso de potência.....	22
Equação 11 - Fórmula da Interpolação do Município de Ijaci .....	34

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Acurácia do Método.....	41
-------------------------------------	----

# **SISTEMA DE AUXÍLIO À PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS BASEADO NA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE**

## **RESUMO**

Com o passar dos anos, tem crescido a importância de sistemas de auxílio à prevenção de incêndios florestais. Sendo a tomada de decisões no que diz respeito ao conhecimento do grau de perigo, planejamento do controle, permissão para queimas controladas e estabelecimento de zonas de perigo de incêndio florestais, um recurso estratégico para setores agroflorestais. O presente trabalho propõe a criação de um Sistema de Informações Geográficas na Web (SIG Web) voltada para a gestão dos focos de calor e cálculo do grau de perigo de incêndios florestais diários através interpolações dos valores de temperatura, umidade, índice pluviométrico das estações meteorológicas e da Fórmula de Monte Alegre. O sistema provê informações para que as medidas devidas sejam tomadas, aumentando as chances de sucesso do uso do sistema.

**Palavras Chave:** Risco de Incêndio Florestal, SIG Web ,WebService REST.

# **SYSTEM TO AID FIRE PREVENTION BASED ON THE FORMULA OF MONTE ALEGRE**

## **ABSTRACT**

Over the years, the importance of systems to help preventing forest fires has increased. Making decisions with regard to knowledge of the degree of hazard, control planning, permission for controlled burning, and creation of zones of forest fire danger, is a strategic need for agroforestry sectors. This paper proposes the creation of a Web Geographical Information System (Web GIS), dedicated to the management of hot spots and calculating the degree of danger of forest fires through interpolations of daily values of temperature, humidity, rainfall from meteorological stations, and Formula of Monte Alegre calculation. The system provides information so that appropriate actions can be taken, increasing the chances of successful use of the system.

**Keywords:** Forest Fire Risk, Web GIS, WebService REST.

# 1. INTRODUÇÃO

Incêndio florestal é um dos fenômenos naturais que vem ocorrendo incessantemente sobre a Terra desde muito antes do nascimento do ser humano e sua cultura. Existem várias causas de incêndios florestais. Embora diferentes, dependendo do costume local, prática e econômica, a maioria das causas são direta ou indiretamente relacionados à ação humana.

O Estado de Minas Gerais, com seus 58.838.400ha de área, tem 21.116.828ha de matas nativas e reflorestamentos (SCOLFORO e CARVALHO, 2006), está propício a queimadas no ano todo.

Temos casos de sucesso em cálculo de riscos de incêndios florestais, como na Austrália, onde (KESSELL, POTTER e BEVINS, 1997) desenvolveram um modelo de áreas de risco de incêndio florestal, usando dados sobre incêndios florestais do passado, e estão fornecendo um modelo de diversos tipos das informações para a previsão de incêndios florestais, a política de prevenção de incêndios, avaliação de influência ambiental, o padrão de incêndios florestais, etc. (SAUVAGNARGUES-LESAGE, DUSSERRE, *et al.*, 2001) propôs uma metodologia para a aplicação de Sistema de Informações Geográficas - SIG em combate a incêndios florestais.

No Brasil, mais especificamente em Minas Gerais, a história da investigação de incêndios florestais é curta e a importância da investigação não é reconhecida. Como resultado, tem havido poucas pesquisas sistemáticas sobre incêndios florestais.

As distribuições dos incêndios florestais ocorrem de forma desigual pelo território de Minas Gerais quer em termos de frequência, de amplitude, de localização espacial ou temporal, ou os seus efeitos, constituem um desafio para o estudo do fenômeno, por causa da sua importância em termos do seu impacto negativo. Esperamos vir a dar um melhor conhecimento dos seus aspectos de distribuição espacial e temporal – **onde e quando** – contribuindo para perceber o **como** e o **porquê**, com vista à minimização dos seus efeitos.

Somente este ano em Minas Gerais já foram detectados até o mês de outubro mais de 37.000 focos de calor e como não há ferramentas para a gestão dessas informações e os cálculos desses riscos de incêndio, a criação de uma ferramenta torna-se indispensável para que no futuro a prevenção e o controle possam ocorrer.

## **1.1 Objetivos e Estrutura do Trabalho**

Neste contexto, para aliar necessidade, oportunidade e tecnologia, o presente trabalho buscou o desenvolvimento de um sistema web para o auxílio na prevenção de incêndios a partir de dados SIG – Sistema de Informações Geográficas, sensoriamento remoto e estatística.

Este sistema pode ser utilizado por gestores florestais para planejar o combate a incêndios florestais, com base no cálculo do risco de incêndio florestal.

Utilizando dados como as informações topográficas (altitude, inclinação e exposição), informação espacial, os mapas de água e mapas de solos, temperatura, previsão de chuvas e umidade relativa do ar, objetiva-se gerar a partir do uso de computação probabilística, o cálculo do risco de incêndio para o Estado de Minas Gerais.

Com este estudo concebido e implementado, o sistema de informação geográfica e gestão poderá estabelecer geograficamente informações relativas a incêndios florestais e integrar bases de dados através de um Business Intelligence – (BI) para que encarregados do controle de incêndio florestal em municípios, possam se precaver, além de serem capazes de gerar conhecimento do grau de perigo, planejamento do controle de incêndios, permissão para queimas controladas, estabelecimento de zonas de perigo, previsão do comportamento do fogo, advertência pública do grau de perigo, conforme descritos no Capítulo 3.

No Capítulo 2 serão introduzidos os conceitos necessários para o entendimento do trabalho, serão apresentados cálculos do risco de incêndio e seus índices já implantados em outros países e no Brasil.

Como é feita a detecção de queimadas por imagens de satélite, o que é um Business Intelligence – BI, e como se torna uma ferramenta indispensável em uma empresa, o que é e pra que serve WebServices e seus padrões, o significado de um SIG Web – Sistema de Informações Geográficas na WEB. Também serão tratados bancos de dados geográficos, seguido do que é uma interpolação e seus mais conhecidos métodos.

O terceiro capítulo informa os procedimentos e métodos que foram utilizados para o desenvolvimento do sistema. Há uma descrição dos componentes utilizados pelo sistema, da arquitetura de programação e dos cálculos efetuados.

Os Capítulos 4 e 5 apresentam os resultados e as conclusões do desenvolvimento de

sistema.

O Capítulo 6 apresenta sugestões de trabalhos futuros e de novas funcionalidades para o sistema. Ao final há o capítulo de referências bibliográficas que contém o material de pesquisa que foi utilizado para o desenvolvimento do trabalho.

## **2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Como o trabalho trata de uma ferramenta de gerenciamento Web para o cálculo do risco de incêndios, usando técnicas SIG, precisamos de conhecimentos prévios sobre conceitos e tecnologias. Para isso, os próximos temas descrevem os conceitos básicos para o entendimento do problema.

### **2.1 Cálculos do Risco de Incêndio**

O cálculo do risco de incêndio são valores que podem ser usados para antecipar o grau de perigo em que possa ocorrer um incêndio e sua facilidade de se propagar, de acordo com condições climáticas de um dia ou de um período de tempo.

Sua importância está relacionada à tendência de prevenção e pré-supressão de incêndios. Sua estrutura é baseada na relação entre os incêndios florestais já ocorridos e os elementos meteorológicos como umidade atmosférica, temperatura e precipitação.

De acordo com (SOARES, 1985), índices de perigos de incêndios têm sido elaborados em diversos países. No Brasil os mais utilizados são:

Índice de Angstron, Índice Logarítmico do Telicyn, Índice de Nesterov e Fórmula de Monte Alegre.

Sendo que a fórmula de Monte Alegre tem se mostrado melhor que os demais para representar os incêndios no Brasil (SOARES, 1985). Descrevemos cada um dos índices a seguir.

### 2.1.1 Índice de Angstron

Desenvolvido na Suécia, este índice baseia-se na temperatura e umidade relativa do ar, ambos medidos diariamente às 13 horas (SOARES, 1979). Não é um índice cumulativo. A equação do índice é a seguinte:

$$B = 0,05H - 0,1(T - 27)$$

Sendo:

B = índice de Angstron.

H = umidade relativa do ar em %

T = temperatura do ar em °C

Sempre que o valor de “B” for menor do que 2,5 haverá risco de incêndio, isto é, as condições atmosféricas do dia estarão favoráveis à ocorrência de incêndios.

### 2.1.2 Índice Logarítmico do Telicyn

Desenvolvido na Rússia, este índice tem como variáveis as temperaturas do ar e do ponto de orvalho, ambas as medidas às 13 horas (SOARES, 1979). O índice é acumulativo, isto é, seu valor aumenta gradativamente, como realmente acontece com as condições de risco de incêndio, até que a ocorrência de uma chuva mais forte o reduza a zero, recomeçando novo ciclo de cálculos. Sua equação é a seguinte:

$$I = \sum_{i=1}^n \log(t_i - r_i)$$

Equação 1 - Formula do Índice Logarítmico do Telicyn

Sendo:

$I$  = índice de Telicyn

$t_i$  = temperatura do ar em °C no  $i$ -ésimo dia

$r_i$  = temperatura do ponto de orvalho em °C no  $i$ -ésimo dia

log = logaritmo na base 10

Restrição do índice: sempre que ocorrer uma precipitação igual ou superior a 2,5 mm, abandonar a somatória e recomeçar o cálculo no dia seguinte, ou quando a chuva cessar.

No(s) dia(s) de chuva o índice é igual à zero.

Como o índice é acumulativo, a interpretação do grau de perigo é feita através de uma escala apresentado na Tabela 1 - Grau de Perigo Telicyn.

Valor de I	Grau de Perigo
$\leq 2.0$	Nenhum
2.1 a 3.5	Pequeno
3.6 a 5.0	Médio
$>5.0$	Alto

Tabela 1 - Grau de Perigo Telicyn

### 2.1.3 Índice de Nesterov

Desenvolvido na Rússia e aperfeiçoado na Polônia, este índice tem como variáveis a temperatura e o déficit de saturação do ar, ambos medidos diariamente às 13 horas (SOARES, 1979). O índice de Nesterov, que também é acumulativo, tem a seguinte equação básica:

$$G = \sum_{i=1}^n d_i - t_i$$

Equação 2 - Fórmula do Índice de Nesterov

Sendo:

G = Índice de Nesterov

$d_i$  = déficit de saturação do ar em milibares no i-ésimo dia

$t_i$  = temperatura do ar em °C no i-ésimo dia

O déficit de saturação do ar, por sua vez, é igual à diferença entre a pressão máxima de vapor d'água e a pressão real de vapor d'água, podendo ser calculado através da seguinte expressão:

$$d = E \left( 1 - \frac{H}{100} \right)$$

Equação 3 - Fórmula do Déficit de Saturação do Ar

Sendo:

d = déficit de saturação do ar em milibares

E = pressão máxima de vapor d'água em milibares

H = umidade relativa do ar em %

No índice de Nesterov, a continuidade da somatória é limitada pela ocorrência de uma série de restrições na Tabela 2 - Restrições do Índice de Nesterov:

<b>Chuva do dia (em mm)</b>	<b>Modificação no cálculo</b>
≤ 2.0	Nenhuma.
2.1 a 5.0	Abater 25% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
5.1 a 8.0	Abater 50% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
8.1 a 10.0	Abandonar a somatória anterior e recomeçar novo cálculo, isto é, G = (d.t) do dia.
> 10.0	Interromper o cálculo (G=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

Tabela 2 - Restrições do Índice de Nesterov

A interpretação do grau de perigo estimado pelo índice é feito através de uma escala de perigo apresentado na Tabela 3:

<b>Valor de G</b>	<b>Grau de Perigo</b>
$\leq 300$	Nenhum risco
301 a 500	Risco pequeno
501 a 1000	Risco médio
1001 a 4000	Grande risco
$> 4000$	Altíssimo risco

Tabela 3 - Grau de perigo de Nesterov

#### 2.1.4 Fórmula de Monte Alegre

Desenvolvido através de dados da região central do Estado do Paraná, em uma fazenda da empresa Kablin S.A, na década de 70 este índice, também é acumulativo.

A Fórmula de Monte Alegre tem sido usada desde então por várias empresas e instituições florestais brasileiras para estimar o grau de perigo de incêndio e ajudar no planejamento das atividades de prevenção e combate. Ela é estruturalmente muito simples, requer apenas duas variáveis meteorológicas, umidade relativa do ar e precipitação, para ser calculada, e pode ser usada em praticamente todo o país devido a sua simplicidade e facilidade de coleta dos dados, fazendo-se as devidas adaptações na escala de perigo quando e onde necessárias, ou pelo menos nas regiões onde a umidade relativa é o parâmetro mais relacionado à ocorrência dos incêndios.

A sua equação básica é a seguinte:

$$\mathbf{FMA} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{H}_i} \right)$$

Equação 4 - Fórmula de Monte Alegre

Sendo:

FMA = Fórmula de Monte Alegre

$H_i$  = umidade relativa do ar (%) no i-ésimo dia.

n = número de dias sem chuva acima de 12.9 mm

A quantidade diária de precipitação reduz o valor do índice de acordo com uma tabela de restrições (SOARES, 1979).

Sendo acumulativo, o índice está sujeito às restrições de precipitação, como mostra a Tabela 4:

<b>Chuva do dia (em mm)</b>	<b>Modificação no cálculo</b>
<2.4	Nenhuma.
2.5 a 4.9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5.0 a 9.9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10.0 a 12.9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
>12.9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomençar a somatória no dia seguinte

**Tabela 4 - Restrições de Monte Alegre**

A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA e também feita através de uma escala.

<b>Valor de FMA</b>	<b>Grau de Perigo</b>
$\leq 1.0$	Nulo
1.1 a 3.0	Pequeno
3.1 a 8.0	Médio
8.1 a 20.0	Alto
> 20.0	Muito Alto

**Tabela 5 - Grau de Risco de Monte Alegre**

A FMA foi desenvolvida através de dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios da Fazenda Monte Alegre, município de Telêmaco Borba/PR, durante 7 anos (1965 a 1971).

O sistema de auxílio à prevenção de incêndios deste trabalho baseia-se na fórmula de Monte Alegre, devido ao bioma da fazenda Monte Alegre ser semelhante ao encontrado em Minas Gerais, como visto na Figura 1.



Figura 1 - Biomas do Brasil e a localização da fazenda Monte Alegre

A fazenda Monte Alegre, encontra-se em uma região de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado, que são os biomas dominantes no estado de Minas Gerais.

## 2.2 Detecção de Queimadas por Imagens de Satélite

Para a detecção dos focos de queimada são utilizados todos os satélites que possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4um e que o INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais consegue receber.

No presente, são processadas operacionalmente as imagens AVHRR dos satélites polares NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17, NOAA-18 e NOAA-19, as imagens MODIS dos satélites polares NASA TERRA e AQUA, as imagens dos satélites geoestacionários GOES-12 e MSG-2. Cada satélite de órbita polar produz pelo menos um conjunto de imagens por dia, e os geoestacionários geram algumas imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 100 imagens por dia especificamente para detectar focos de queima da vegetação (INPE, CPTEC e DSA, 2010).

O algoritmo para a detecção é baseado em limites nos canais 1 (0,63um; visível), 2 (3,9um; infravermelho médio) e 4 (11,0 um; infravermelho), dando-se maior importância ao canal 2 por ser o mais adequado para temperaturas como a de vegetação queimando, com ~700 K (~427°C); os outros dois canais são usados para eliminar detecções errôneas durante o dia, causadas por reflexão solar em algumas superfícies, uma vez que o canal 2 responde tanto a emissão termal como a reflexão solar em superfícies terrestres (SETZER e YOSHIDA, 2007).

Considera-se queimada qualquer pixel com albedo (refletividade) menor que 3%, com temperatura de brilho no canal 2 maior que 308 K (35°C) e no canal 4 maior que 263 K (-10°C), e com a diferença destas temperaturas maior que 16 K (16°C); estes são os casos quando quase não há iluminação solar, ou seja, de detecção mais simples.

Para albedos entre 3% e 12%, portanto na faixa comum de iluminação solar, a temperatura no canal 2 tem que ser maior que 318 K (45°C) e a no canal 4 maior que 263 K (-10°C); o limite superior do canal 4 é 308 K (35°C) para eliminar a combinação de solos aquecidos e refletivos, que causam falsas detecções, e a diferença entre o canal 2 e 4 devem ser maiores que 22 K (22°C) para reforçar ainda mais a seletividade.

Para albedos entre 12% e 24%, de superfícies muito reflexivas, o canal 2 deve indicar mais do que 323 K (50°C), a temperatura do canal 4 estar entre 263 K (-10°C) e 303 K (30°C), e a diferença entre os dois canais ser maior que 25 K (25°C).

Desprezam-se os casos de albedos acima de 24%, supostamente causados por reflexos intensos e diretos em corpos de água, por solos muito refletivos, ou cidades, e por ruídos nas imagens.

Para os satélites de órbita polar (NOAA's a 800 km de distância, e TERRA e AQUA a 730 km), trabalhos de validação de campo indicam que uma frente de fogo com cerca de 30m de extensão por 1m de largura, ou maior, será detectada. Para os geoestacionários, a 25 mil km de distância, a frente precisa ter o dobro de tamanho para ser localizada.

Entretanto, como o elemento de resolução espacial ("pixel") do satélite tem 1 km x 1 km ou mais, uma queimada de algumas dezenas de m<sup>2</sup> será identificada como tendo pelo menos 1 km<sup>2</sup>. Nas imagens dos satélites geoestacionários, onde o pixel tem 4 km x 4 km, esta pequena queimada passará a ser indicada por uma área de 16km<sup>2</sup> ou mais.

Assim, um foco de queima, que aqui é o mesmo que um pixel de queima pode indicar tanto uma pequena queimada, carvoarias, metalúrgicas, entre outras fontes de calor, assim como várias pequenas queimadas ou uma muito grande no seu interior. Ou seja, este sistema do INPE detecta a existência de fogo na vegetação sem ter condições de avaliar o tamanho da área que está queimando ou o tipo de vegetação afetada.

Em casos com muitos pixels de queima juntos, e com a presença de uma nuvem de fumaça grande, pode-se inferir que a queimada terá a dimensão dos pixels de queima detectados.

## 2.3 Business Intelligence – BI

O termo Business Intelligence (BI), pode ser traduzido como Inteligência de negócios. Refere-se ao processo de coleta, organização, análise, compartilhamento e monitoramento de informações que oferecem suporte a gestão de negócios (BHARGAVA e POWER, 2001).

A Inteligência Empresarial, é um termo do Gartner Group. O conceito surgiu na década de 80 e descreve as habilidades das corporações para aceder a dados e explorar informações. Normalmente essas informações encontram-se em banco de dados, essas informações são analisadas e então desenvolvem-se as percepções e entendimentos a seu respeito, permitindo incrementar e colaborar com a tomada de decisão (POWER, 2007).

A Figura 2 exemplifica o processo de coleta e disponibilização desses dados para os gestores de uma empresa.

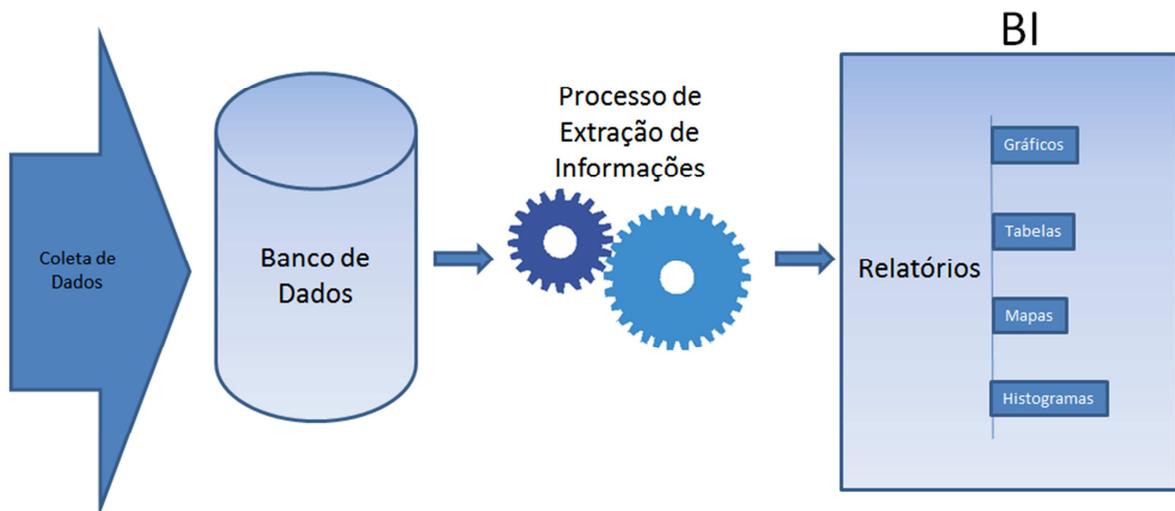


Figura 2- Processo de Extração de Informações em um BI

As organizações recolhem informações com a finalidade de avaliar o ambiente empresarial ou uma situação dos negócios, completando estas informações com pesquisas de marketing, industriais e de mercado, além de análises competitivas.

Organizações competitivas acumulam "inteligência" à medida que ganham sustentação na sua vantagem competitiva, podendo considerar tal inteligência como o aspecto central para competir em alguns mercados.

Geralmente, os coletores de BI obtêm as fontes primárias de informação dentro das suas empresas. As fontes secundárias de informações incluem as necessidades do consumidor, processo de decisão do cliente, pressões competitivas, condições industriais relevantes, aspectos econômicos e tecnológicos e tendências culturais.

Cada sistema de BI determina uma meta específica, tendo por base o objetivo organizacional ou a visão da empresa, existindo em ambos objetivos, sejam eles de longo ou curto prazo (BARBIERI, 2001).

Barbieri (2001) também cita algumas vantagens na implantação de um BI em sistemas de gerência e diz que com um BI, a empresa pode antecipar mudanças no cenário, seja do mercado ou dos seus competidores descobrindo novos potenciais e aprendendo com sucessos e as falhas dos outros. Com isso, passa a conhecer melhor suas possíveis aquisições ou parceiros, e também auxilia na implantação de novas ferramentas gerenciais.

Sendo assim, BI é uma tecnologia que permite às empresas transformar dados guardados nos seus sistemas, em informação qualitativa e importante para a tomada de decisão, uniformizando processos que permitam o acesso à informação como forma de melhorar os negócios e a tomada de decisão.

## 2.4 WebService

Uma família importante de sistemas computacionais que tem por objetivo de prover serviços para outros sistemas é a família de WebServices.

Um WebService é uma aplicação que tem a capacidade de autodescrição e está disponível na internet de forma a ser acessível por toda a rede (ARAÚJO, 2005), com isso permite que sistemas heterogêneos possam se comunicar, seja ele escrito em PHP ou em JAVA.

Como um WebService procura fazer a interligação de vários sistemas, e esses sistemas podem ser construídos sobre plataformas tecnológicas diferentes, é necessário que exista um protocolo de comunicação (ARAÚJO, 2005).

Os dois padrões mais conhecidos de WebService na atualidade são: SOAP e REST.

### 2.4.1 WebService REST

O REST é uma técnica para sistemas hipermídia originado numa tese de doutorado de Roy Fielding em 2000.

Não se tratam de uma biblioteca, plataforma, aplicação, tecnologia, etc. Estamos falando de uma técnica, um padrão, assim como o MVC – *Model View Control*, que é um padrão de projeto.

O padrão REST defende o fato de que o protocolo HTTP é rico o bastante para proporcionar Webservices, e não há necessidade de criar-se nenhuma abstração para este fim.

Para termos um WebService efetivo precisamos apenas de: um cliente, um serviço, informação, um meio de “encapsular” esta informação (XML, JSON, YAML, etc.) e do meio para acessar esta informação. No caso da Web, o meio é o HTTP - HyperText Transfer Protocol .

No WebService REST são usadas somente diretivas primárias do protocolo HTTP, como GET, POST, DELETE, PUT. Por exemplo, quando uma URL contendo um serviço é chamada usando o método DELETE, a interpretação do WebService já ocorre e é

interpretada como um comando para uma ação de deletar (NGOLO, 2009).

## 2.5 SIG Web – Sistema de Informações Geográficas na WEB

Um SIG é um sistema de informação que permite capturar, modelar, armazenar, recuperar, compartilhar, manipular, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (WORBOYS e DUCKHAM, 2004).

Um SIG Web traz uma integração entre um GIS e a internet, transferindo para a Web informações geográficas e provê funcionalidade de análise espacial.

Um problema para as aplicações SIG Web está na diversidade de sistemas operacionais, WebBrowsers, largura de banda e clientes que podem acessá-los.

Esses problemas tornam difícil a adoção de uma solução SIG Web para o trabalho no campo profissional onde os aplicativos GIS desktop são utilizados (DALI e JIXIAN, 2001).

Para o desenvolvimento de um serviço SIG Web usando as tecnologias *standards*, o mais comum é o uso de Asynchronous Javascript And XML (Ajax). Ajax é um conjunto de tecnologias combinadas para prover uma plataforma para o desenvolvimento de serviços Web.

Segundo Garret (2005) “Uma aplicação Ajax elimina a natureza start-stop-start-stop de interação na Web, introduzindo um intermediário”, uma ferramenta Ajax entre o usuário e o servidor. Parece que a adição de uma camada para a aplicação irá torná-lo menos sensível, mas o oposto é o que acontece. “Ao Invés de carregar uma página web, no início da sessão, o navegador carrega um motor Ajax”, escrito em JavaScript e, geralmente, escondido sob frame.” (GARRETT, 2005).

Os principais grupos de tecnologias usadas em Ajax são:

- Apresentação de Tecnologias como HTML e CSS.
- Interação Document Object Model (DOM), usado para modificar os elementos visuais na interface com o usuário como também na captura de eventos.
- Intercâmbio de dados, uso intensivo de JSON e XML. integração Javascript, responsável por fazer todos os elementos anteriores trabalharem em conjunto.

A tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) provê ferramentas de software bastante poderosas para realizar o tratamento de dados geográficos.

A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos.

## **2.6 Banco de Dados Geográficos**

O termo “Banco de Dados” significa uma coleção lógica e coerente de dados relacionados. É projetado, construído e preenchido de acordo com um objetivo específico. Os bancos de dados geográficos surgiram por causa de uma necessidade de integração entre os dados convencionais, ou alfanuméricos, e os dados espaciais. Essa integração permite uma análise conjunta de vários tipos de informações e onde elas ocorrem no espaço.

Projetar ou modelar o banco de dados é uma das tarefas mais importantes no desenvolvimento de um sistema de informação. O projeto do banco de dados requer o uso de diferentes instrumentos, uma vez que as atividades necessárias para sua elaboração variam de acordo com a complexidade do sistema, com o tipo de pessoal envolvido, o sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) utilizado, etc. (LISBOA F, IOCHUPE, *et al.*, 2000).

A modelagem de dados é uma ferramenta conceitual que auxilia na organização, formalização e na padronização da representação de objetos do mundo real. O modelo de dados é, portanto, um conjunto de conceitos usados para descrever a estrutura e as operações de um banco de dados. O principal objetivo da modelagem de dados é obter uma organização da base de dados, o que facilita a implantação e manutenção do banco de dados. A modelagem de dados é um passo importante dentro de uma metodologia de sistemas de informações geográficas onde a realidade do sistema é modelada, independente de plataforma. Um banco de dados bem modelado e conseqüentemente organizado, possibilita otimizar a extração de informações, gerando o conhecimento necessário para diferentes aplicações. Não se justifica o investimento em uma grande base de dados onde não se possam retirar as informações esperadas, ou seja, dados desorganizados não geram o conhecimento necessário.

Bancos de dados geográficos (BDG) são coleções de dados georreferenciados, manipulados por Sistemas de Informação Geográficas (SIG).

Considerando-se modelos formais para representação de dados geográficos, distinguem-se dois tipos principais de representação: o modelo de geo-campos e o modelo de geo-objetos (SAMPAIO, GAZOLA e LISBOA FILHO, 2005).

Dados geográficos são aqueles que possuem uma dimensão espacial, ou uma localização, diretamente ligada ao mundo geográfico real como as imagens de satélites de sensoriamento remoto, os dados de inventários cadastrais, os dados ambientais coletados em campo e os modelos numéricos de terreno (QUEIROZ e RIBEIRO, 2006).

O modelo de geo-campos percebe o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem observados. Como exemplo, podem ser citados os mapas de vegetação e temperatura de uma determinada região geográfica. O modelo de geo-objetos, por sua vez, representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades individualizadas distintas, onde cada entidade é definida por uma fronteira fechada.

Geo-campos e geo-objetos são mapeados para estruturas de dados de duas naturezas: vetorial e matricial (ou raster).

## **2.7 Interpolação**

Matematicamente, a interpolação é o método que aceita construir um novo conjunto de dados a partir de um conjunto discreto de dados previamente conhecidos. Como é comum que somente uma amostragem do conjunto total de dados é conhecida, a interpolação pode construir uma função que se aproxime o máximo, conferindo então uma continuidade para os dados pontuais da amostragem (BOOR, 1978).

A Geoestatística é uma área que abrange uma grande variedade de técnicas de estimação, como o Inverso do Quadrado da Distância (IDW), análise do vizinho mais próximo (*nearest neighbor*), e krigagem linear e não-linear. É mais comumente usada para identificar e mapear padrões espaciais da superfície terrestre. Pode ser usada para determinar se existe auto correlação espacial entre dados de pontos. Para isso, a função mais comum utilizada é o (semi) variograma.

A seguir, serão descritos alguns métodos de interpolação mais conhecidos.

### 2.7.1 Método de Interpolação Linear

Este método de interpolação traça um segmento de reta entre cada conjunto de dois pontos consecutivos de entrada.

Sendo um intervalo  $[x_0, x_1]$  e os valores  $f_0$  e  $f_1$  para os pontos extremos da função  $f(x)$ , obtém-se o polinômio interpolador.

$$f(x) = a_1x + a_0$$

**Equação 5 - Polinômio Interpolador**

Onde  $a_0$  e  $a_1$  são determinados pela resolução de um sistema simples:

$$\begin{bmatrix} f_0 & f_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_0 & x_1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

**Equação 6 - Sistema de Interpolação Linear**

A resolução da origem a equação do segmento de reta que une os pontos  $(x_0, f_0)$  e  $(x_1, f_1)$ .

De um modo genérico temos:

$$f(x) = f_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} * (f_1 - f_0)$$

**Equação 7 - Fórmula Genérica do Polinômio Interpolador**

### 2.7.2 Método de Interpolação Cúbica

A interpolação cúbica baseia-se em uma composição de polinômios contínuos do terceiro grau, ou, splines cúbicos.

Dado um conjunto de pontos  $(x_k, y_k)$  para  $0 \leq k < n$ , o interpolador spline cúbico consiste de  $n-1$  polinômios cúbicos.

Esses polinômios passam pelos  $n$  pontos dados, que são denominados pontos de controle.

De uma forma genérica temos:

$$f(x) = a_3(x - x_k)^3 + a_2(x - x_k)^2 + a_1(x - x_k) + a_0$$

**Equação 8 - Interpolação Cúbica**

### 2.7.3 Método de Krigagem

A krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza os dados tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações (JAKOB, 2002).

Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados.

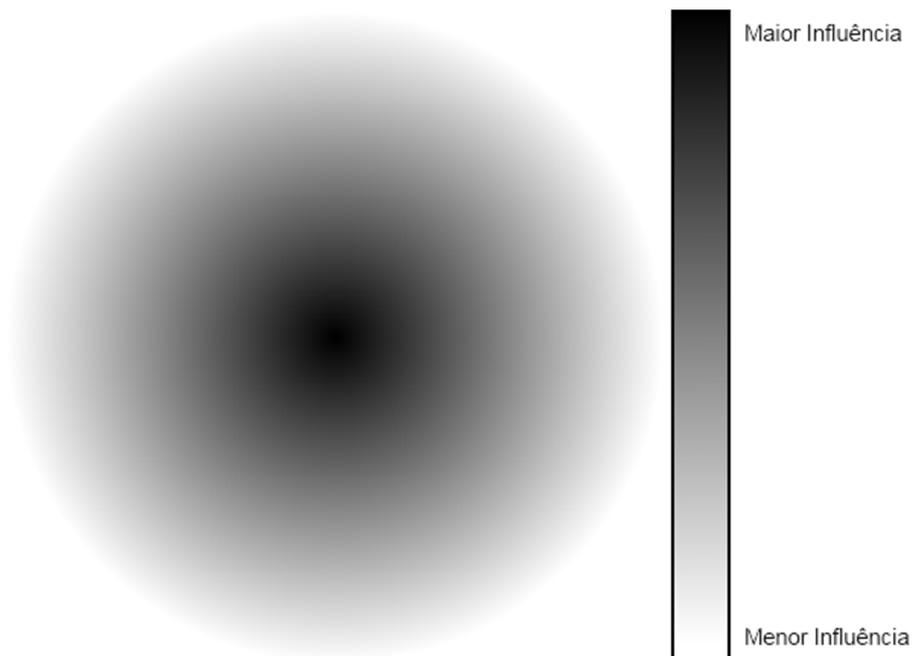
O variograma é a descrição matemática do relacionamento entre a variância de pares de observações (pontos) e a distância separando estas observações (h). A autocorrelação espacial pode então ser usada para fazer melhores estimativas para pontos não amostrados (inferência = krigagem).

A krigagem produz a melhor estimativa linear não-viciada dos dados de um atributo em um local não amostrado, com a modelagem do variograma. “A krigagem ordinária é geralmente associada como B.L.U.E. (*best linear unbiased estimator*). A krigagem ordinária é ‘linear’ porque suas estimativas são combinações lineares ponderadas dos dados disponíveis; é ‘não-viciada’ porque busca o valor de erro ou resíduo médio igual a 0; e é ‘melhor’ porque minimiza a variância dos erros.” (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989)

## 2.7.4 Método de interpolação de distância inversa IDW

O método de interpolação de distância inversa, leva em consideração a distância do ponto de amostragem e o ponto onde o valor será medido.

Os dados são ponderados de modo que à medida que a distância aumenta de um ponto, sua influência diminui como mostrado na Figura 3.



**Figura 3 - Influência do Método de Interpolação de Distância Inversa**

Este método admite que os pontos mais próximos para o processamento da célula, influenciem mais fortemente que aqueles mais afastados. O uso de interpolador IDW é recomendado quando a variável a ser mapeada diminui com a distância na localização amostrada (WEI e MCGUINNESS, 1973).

Dessa forma, atribui-se maior peso para as amostras mais próximas do que para as amostras mais distantes do ponto a ser interpolado. Assim o modelo consiste em se multiplicar os valores das amostras pelo inverso das suas respectivas distâncias ao ponto de referência para a interpolação dos valores.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}}$$

**Equação 9 - Fórmula do Quadrado Inverso**

em que,

Z = valores estimados;

n = número de amostras;

Z<sub>i</sub> = valores conhecidos;

d<sub>i</sub> = distâncias entre os valores conhecidos e estimados (Z<sub>i</sub> e Z).

A Equação 9 pode ser adaptada para incluir uma potência para as distâncias. Com isso pode-se atribuir pesos diferentes para a estimativa do valor de uma amostra para uma mesma distância.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(d_i)^p} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(d_i)^p}}$$

**Equação 10 - Fórmula do Quadrado Inverso com uso de potência**

Observando-se a Equação 10 verifica-se que foi adicionada uma potência “p” ao inverso das distâncias “ $\frac{1}{d_i}$ ”.

Com essa modificação na equação pode-se atribuir diferentes valores às potências “p”, sendo que, quanto maior for o valor dessa potência maior será a influência do vizinho mais próximo na estimativa dos valores.

<b>Expoente</b>	<b>Peso da distância</b>
$p = 1$	$1 / d$
$p = 2$	$1 / d^2$
$p = 5$	$1 / d^5$

**Tabela 6 - Relação entre Expoente e a Distância**

Para o desenvolvimento deste trabalho, escolheu-se o método de interpolação de distância inversa, devido a seus parâmetros customizáveis e sua simplicidade de cálculo, ao contrário, por exemplo, da Krigagem Simples que produz uma estimativa linear, o IDW, proporciona uma melhor adequação ao problema de interpolação com a variação do valor de “p”, pode-se obter estimativas de vários graus e não somente linear.

## **3. METODOLOGIA**

Descrição da metodologia de desenvolvimento do trabalho.

### **3.1 Tipo de pesquisa**

O tipo de pesquisa realizada neste trabalho é classificado como pesquisa aplicada tecnológica. Segundo Lakatos e Marconi (2007), uma pesquisa aplicada tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos. Seu objetivo é alcançar a inovação em um produto ou processo, frente a uma demanda ou necessidade preestabelecida.

### **3.2 Proposta do trabalho**

Foi proposta a criação de um framework para a gestão dos dados de focos de calor no estado de Minas Gerais, assim como o cálculo do grau de perigo de incêndios. A seguir, falaremos das camadas desse framework.

### **3.3 Arquitetura do Framework**

A criação do Framework intitulado GUEB seguiu as práticas recomendadas para desenvolvimento da W3C (*World Wide Web Consortium*), reconhecida organização de padrões para Web.

Além dos padrões W3C, seguiram-se os conceitos mais atuais de desenvolvimento web, chamado de Web 2.0.

O Framework GUEB foi dividido em três camadas: Interface, Regras de negócio; e Banco de dados.

A Figura 4 mostra a arquitetura do framework proposto.

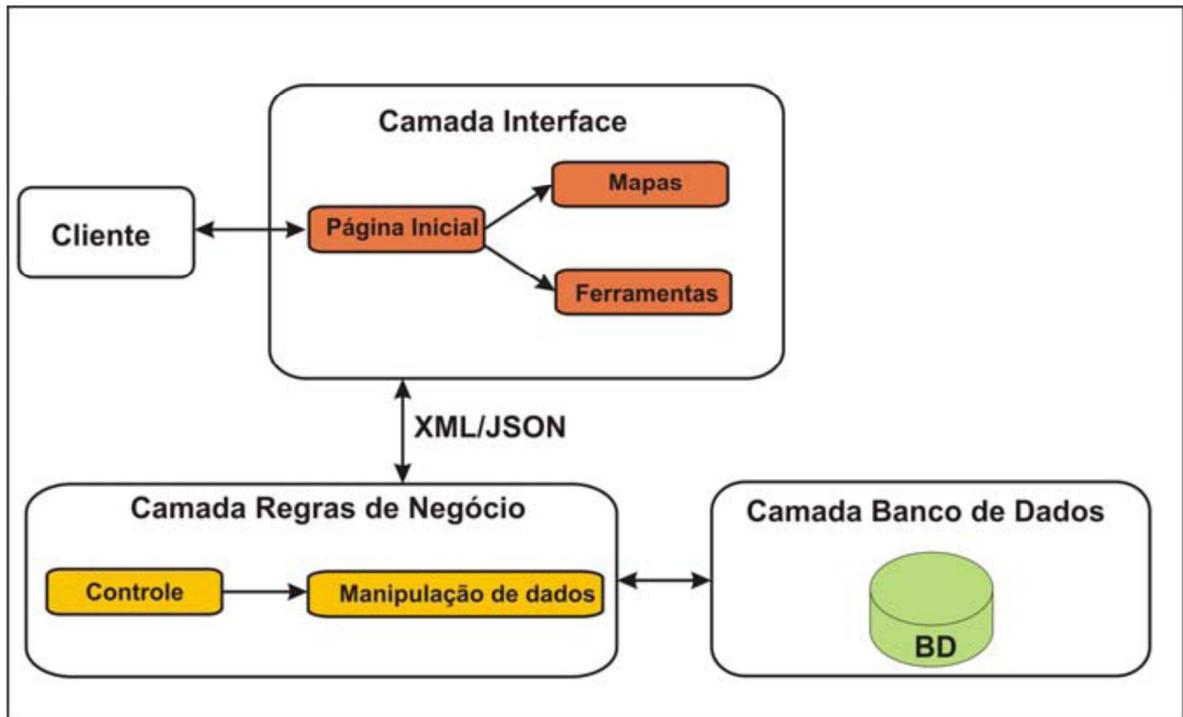


Figura 4 - Arquitetura do Framework

A extensibilidade do Framework proposto pode ser feita na camada Interface e na camada Regras de Negócios.

### 3.4 Camada Interface

A camada Interface é constituída de páginas em HTML e JavaScript e está dividida em duas categorias:

- Ferramentas: constitui de uma barra de ferramentas contendo funcionalidades básicas para uso e navegação da aplicação SIG Web que são:

<b>Barra de Ferramentas Básicas</b>	
<b>Funcionalidade</b>	<b>Botão</b>
Apagar Medidas	
Colocar pontos no Mapa	
Extent	
Fazer pesquisa textual	
Gerenciador de Camadas	
Ligar e desligar camadas de visualização	
Medir Área no Mapa	
Medir Distância no Mapa	
Selecionar Focos no Mapa	
Selecionar um conjunto de focos no mapa para análise	
Zoom -	
Zoom +	
Zoom por seleção	

Tabela 7 - Funcionalidades básicas do Sistema

- Ferramentas de Gestão: constitui a barra de ferramentas com funcionalidades para o auxílio na gestão do sistema, e é dividida em:

<b>Barra de Ferramentas de Gestão</b>	
<b>Menu</b>	<b>Funcionalidade</b>
Mapas	Ligar ou desligar mapas
Cadastrros	Cadastrar funcionalidades do sistema
Focos de Calor	Pesquisar focos de calor
Incêndio	Cadastrar e gerir incêndios

Tabela 8 - Ferramentas de Gestão

Onde:

- Mapas: Responsável pelo gerenciamento dos mapas visíveis para o usuário. Os mapas atuais são: Estado de Minas Gerais, Unidade de Conservação, SUPRAM's, Bacia, UPGRH, Regional IEF, Núcleo, Municípios, Entorno de 10KM das UCs, Focos de Calor, Mapeamento 2007, Mapa de Biomas, Hidrografia, Rodovia, Vulnerabilidade Natural, Integridade da Flora, Integridade da Fauna, Prioridade de Conservação;
- Cadastros: Responsável pelo gerenciamento das informações do sistema, que são: Situação de Incêndio, Causa de Incêndio, Satélite, Tipos de Combatente;
- Focos de Calor: Pesquisa dos focos de calor no banco de dados;
- Incêndio: Responsável pelo gerenciamento dos incêndios do sistema;

A diferença existente entre os mapas da camada Interface do framework GUEB para as outras soluções disponíveis no mercado é a possibilidade de vincular aos mapas gerados pela camada Interface, vários mapas comerciais existentes como *Google Maps*, *Yahoo Maps* e servidores que implementam OGC (*Open Geospatial Consortium*) *Web Mapping Services* (WMS) entre outros conhecidos no mercado.

Uma vantagem de se utilizar este tipo de mapa é a possibilidade de visualizar as imagens de satélite (comerciais e proprietários) do local visualizado. Outra vantagem é o aproveitamento dos recursos de cada API no caso de se usar mapas do Google Maps ou Yahoo Maps.

Com a ferramenta de mapas, também é possível criar seu mapa proprietário fazendo uso de imagens de satélites georreferenciadas e *tiles*. Estas visualizações são possíveis devido ao uso da plataforma Open Layers como base da camada Interface.

A interação entre a camada de Interface e a camada de Regras de Negócio é realizada através de XML (*eXtensible Markup Language*) e/ou JSON (*JavaScript Object Notation*), com o uso de Webservice REST.

### 3.5 Camada Regras de Negócio

A camada Regras de Negócio é a camada que deve ser alterada de acordo com os dados que serão disponibilizados no SIG WEB Previcêndio (nome dado ao sistema). Esta camada é o núcleo do Framework GUEB, pois ela vai receber as requisições da camada Interface, trabalhar estas requisições e então retornar as respostas desejadas.

Esta camada atualmente está implementada em C#<sup>®</sup>, e é baseada em serviços usando Webservice REST, mas pode ser implementada em qualquer outra linguagem cliente/servidor. Isto é possível porque a comunicação entre as camadas é feita através de XML/JSON, fazendo com que o framework tenha total interoperabilidade.

A vantagem de se usar outra linguagem de programação para implementar a camada Regra de Negócio é a possibilidade de usufruir no que há de melhor em cada linguagem existente de acordo com as necessidades do desenvolvimento, podendo no mesmo projeto coexistir linguagens distintas para a otimização da ferramenta. A comunicação entre essas linguagens distintas ocorreria através de Webservice REST. Como observado na Figura 4 - Arquitetura do Framework, a camada Regras de Negócio é dividida em duas categorias:

- Controle: que é responsável pelos dados desde a requisição até a devolução para a camada Interface;
- Manipulação dos dados: que é responsável pelas consultas SQL para manipulação dos dados espaciais e tabulares de acordo com a requisição.

Pelo fato da manipulação dos dados ser realizada nesta camada, o framework proposto é totalmente independente de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), podendo ser utilizado qualquer SGBD com extensão espacial.

Para as consultas ao banco de dados foi usado o framework Nhibernate, usando assim o conceito de ORM (*Object-Relational Mapping*).

Como a comunicação com a interface é feita através de respostas em XML e/ou JSON, há possibilidade de uso da mesma regra de negócio para aplicações usadas em dispositivos móveis como celulares e também para a TV Digital.

### **3.6 Camada de Banco de Dados**

A conexão com o Banco de Dados pode ser nativa da linguagem utilizada na camada Regras de Negócio ou uma conexão global que é utilizada para todos os bancos baseada em SQL nativo.

Como foi dito na sessão anterior, o framework proposto é independente de sistema gerenciador de banco de dados (SGBD). A única exigência do Framework é que o SGBD utilizado dê suporte a dados geográficos, ou seja, possua uma extensão espacial.

No caso do sistema foram usados 2 (dois) SGBD, Oracle e Postgres/PostGis:

Oracle: Responsável pelo armazenamento de dados não espaciais como os dados tabulares de Unidades de Conservação, Combatentes (cadastro usado para controle dos tipos de combatentes de incêndio no estado), etc.;

Postgres/PostGis: Responsável pelo armazenamento das tabelas espaciais do sistema;

### 3.7 A Prevenção de Incêndios no Sistema

No tópico a seguir será descrito como a prevenção dos focos de calor é feita no sistema.

#### 3.7.1 O Monitoramento dos Focos de Calor

O SIG Previncêndio (**Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais**) será a ferramenta responsável por ajudar nas ações de prevenção, controle e combate aos incêndios florestais (IEF, 2005).

O trabalho de prevenção e combate tem como parceria o Corpo de Bombeiros Militar e a Polícia Militar de Minas Gerais e o Comando de Rádio patrulhamento Aéreo (Corpaer). O Previncêndio possui diversas ações efetivas para prevenção e combate a incêndios florestais, principalmente no entorno das unidades de conservação, das áreas de preservação permanente e de grande interesse ecológico.

O Monitoramento de focos de calor baseia-se na detecção de “pontos quentes” na superfície da terra por satélites: o NOAA 12, O NOAA 16, TERRA/MODIS entre outros. Utilizam-se também as informações do satélite meteorológico GOES, que pode fornecer imagens a cada 30 ou 15 minutos. Esses satélites identificam os focos de calor e nos fornecem as coordenadas geográficas desses pontos.

Após a detecção, os focos de calor são cruzados com outras informações importantes presentes na base de dados georreferenciados. Nessa fase é que entra em ação o Sistema de Alerta e Risco de Incêndios Florestais.

O sistema é estruturado em três níveis gradativos de alerta: VERDE, AMARELO e VERMELHO. O alerta verde significa alto grau de perigo de incêndios florestais ou em vegetação de interesse ecológico como os campos naturais e os rupestres que estão fora das áreas de preservação permanente. O amarelo significa um risco muito alto de incêndio em unidade de conservação ou em área prioritária (entorno) para conservação. O vermelho um foco de calor dentro da área de preservação permanente.

Na fase de **alerta verde**, as informações são comparadas por um técnico com os mapas de vegetação do Estado e com as autorizações emitidas pelo IEF para queimas

controladas. Diariamente, o Previncêndio recebe do Instituto Nacional de Pesquisa (INPE) os Mapas de Risco Meteorológico, umidade relativa do ar e de Precipitação. As informações subsidiam os cálculos sobre o comportamento do fogo, como a sua velocidade de propagação.

Se um **alerta vermelho** – for confirmado, as Brigadas Voluntárias de Combate ao Incêndio Florestal, os Escritórios Regionais e os Núcleos Operacionais do IEF são acionados para fazerem uma avaliação de campo. As viaturas do IEF e Corpo de Bombeiros que estiverem mais próximas do local do fogo recebem um alerta. Os veículos da frota do IEF são equipados com um sistema de monitoramento capaz de fornecer, em tempo real, a localização exata de cada viatura em qualquer parte do Estado.

Os dados sobre os pontos de calor são alimentados por um serviço que verifica esses dados na base do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a cada atualização do INPE, automaticamente atualiza o sistema.

### 3.7.2 O Cálculo do Grau de Perigo de Incêndio

Juntamente com os dados dos focos de calor, as informações de umidade relativa do ar, e as informações de precipitações, são alimentadas por um serviço da ANA (Agencia Nacional de Águas) em seu portal Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), estas informações são atualizadas diariamente no SIG.

Como em Minas Gerais não existem estações meteorológicas de coleta em todos os municípios, para o cálculo do risco de incêndio, usamos o Método de interpolação de distância inversa IDW, para calcular os valores da umidade do ar e valor da precipitação nesses municípios sem estações. Esse método foi escolhido devido a possibilidade de ajustar melhor os valores da variável “p”, que está em sua fórmula e desse modo adequar melhor à curva dos resultados.

Em conjunto com a fórmula de Monte Alegre, uma árvore de decisão o cálculo do risco de incêndio foi obtida, e ficou como na Figura 5.

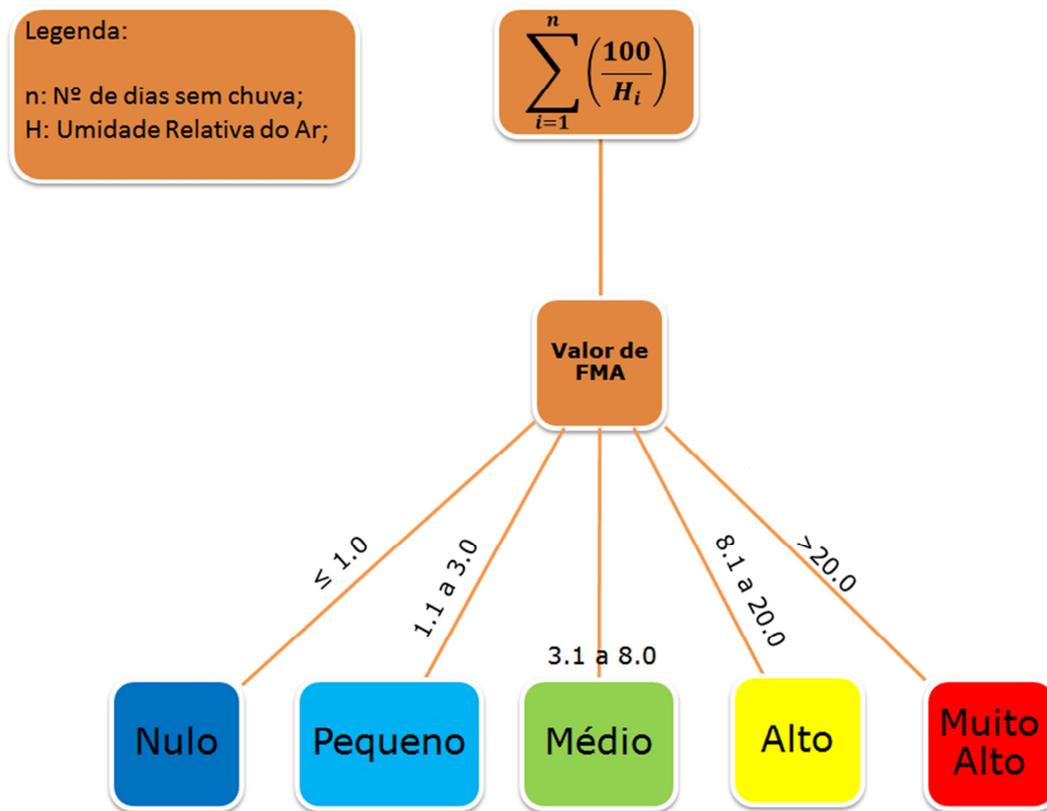


Figura 5 - Árvore de Decisão do Risco de Incêndio

O valor de FMA é o resultado da fórmula de Monte Alegre e as cores dos nós folha representam no mapa o grau do risco.

Para o cálculo do risco foram armazenadas no banco de dados as fórmulas da interpolação, para evitar que esse cálculo fosse feito todos os dias. Como exemplo o cálculo da umidade relativa do ar no município de Ijaci:

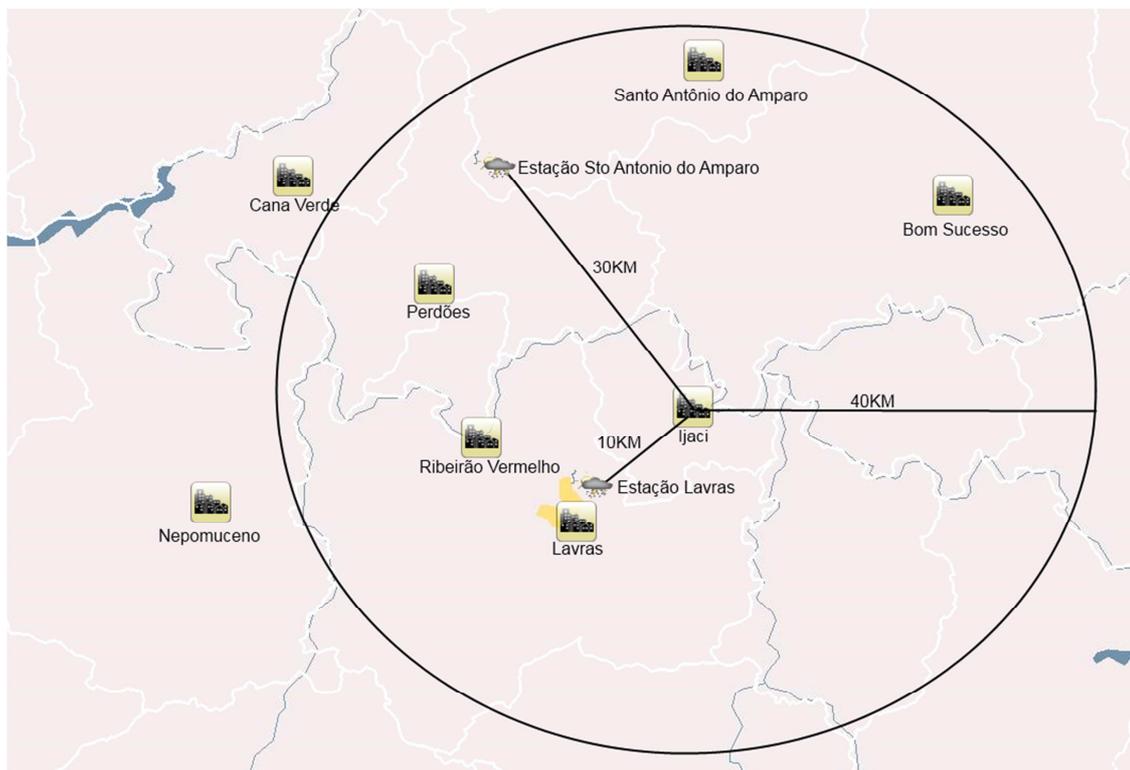


Figura 6 - Exemplo de Cálculo do Risco de Incêndio

O Cálculo da interpolação para Ijaci fica:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}}$$

Onde:

Variável	Valor
n	2
$d_{Lavras}$	10 km
$d_{Sto Antônio}$	30 km
p	2

A fórmula armazenada no banco para o município de Ijaci ficou:

$$Z_{Ijaci} = \frac{\frac{1}{100} Z_{Lavras} + \frac{1}{900} Z_{Sto.Antonio}}{\frac{1}{100} + \frac{1}{900}}$$

Equação 11 - Fórmula da Interpolação do Município de Ijaci

Onde  $Z_{Lavras}$  e  $Z_{Sto.Antonio}$  são os valores da umidade relativa do ar no dia nas respectivas estações.

Foram levadas em consideração para o cálculo da interpolação, as estações em um raio de 40 km do município em questão, caso não encontrado nenhuma estação, é levada em conta a estação mais próxima.

Esse mapa é atualizado todos os dias no sistema, e é válido no período de 12hs do dia corrente até às 12hs do dia seguinte, quando é feita a nova medição Risco de Incêndio.

A aplicação do cálculo de incêndio é acumulativa e é feita para cada município do estado, levando em conta o seu centro geográfico.

As estações cadastradas no sistema estão em Minas Gerais e nos estados do seu entorno, para auxiliar no cálculo de cidades fronteiriças.

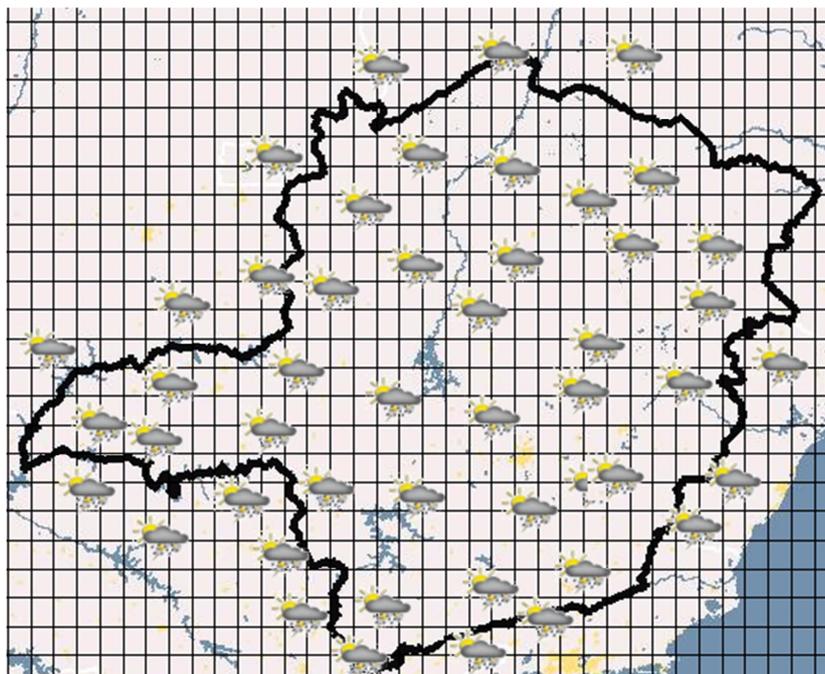


Figura 7 - Estações Cadastradas no sistema

Sendo assim com o suporte espacial do SGDB PostGis a consulta das estações no raio de 40 km é feita e então o cálculo é realizado.

### **3.8 O BI do Sistema**

O BI que foi intitulado de “AmBIente”. Provê informações em formato de gráficos, tabelas, imagens e arquivos no formato “.xls”. Foi desenvolvido usando HTML e JavaScript e sua interface é configurado por arquivos XML ou através de tabelas no banco de dados. Os dados são fornecidos para a interface através de serviços, e a interface disponibiliza essas informações de acordo com o formato descrito no XML ou Banco de Dados. Atualmente, esses serviços são feitos usando JAVA e Webservice REST, podendo ser desenvolvido em qualquer linguagem, assim como a camada Regra de Negócios do sistema.

O BI do sistema foi desenvolvido visando fornecer informações dos focos de calor, como sua distribuição espacial, temporal e suas quantidades nos diversos grupos. Esses grupos são separados no sistema em abas, que são:

- Distribuição dos Focos
- Cobertura Vegetal
- Satélite
- Zoneamento Ecológico Econômico
- Visão Geral dos Focos em Minas Gerais
- Unidades de Conservação
- Relatório de Queimadas

Sendo:

**Distribuição dos Focos:** Informações da distribuição espacial e temporal dos focos no estado de Minas Gerais, assim como a quantificação de cada tipo de classificação (Verde, Amarelo e Vermelho).

**Cobertura Vegetal:** Informações da distribuição espacial dos focos na cobertura vegetal do estado e suas fitofisionomias.

Satélite: Informações quantitativas dos focos em cada satélite cadastrado no sistema.

Zoneamento Ecológico Econômico: Informações da distribuição espacial dos focos em relação às camadas do Zoneamento Ecológico Econômico.

Visão Geral dos Focos em Minas Gerais: Oferece uma visão de modo mais geral sobre os focos no estado, como a distribuição em seus municípios, bacias e sub-bacias hidrográficas, unidades de conservação, etc.

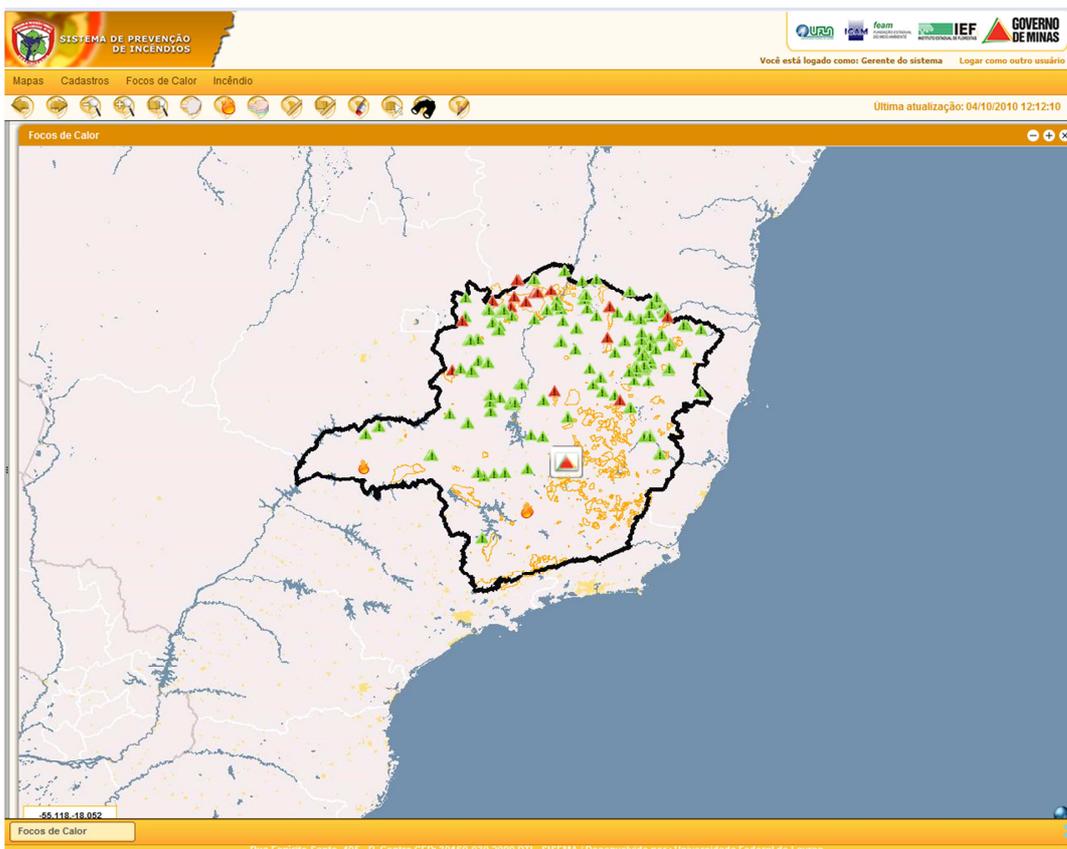
Unidades de Conservação: Informações da distribuição dos focos nas unidades de conservação do estado.

Relatório de Queimadas: Informações dos incêndios lançados no sistema.

## 4. RESULTADOS

Foi desenvolvido um Sistema de Informações Geográficas para Web – SIG Web, para prevenção de focos de calor no estado de Minas Gerais.

O Sistema desenvolvido para web ficou com a interface como na Figura 8:



**Figura 8 - SIG Web Previcêndio**

Por ter sido baseado em um framework que simula uma interface *Desktop*, o seu uso se torna fácil para os gestores, mesmo aqueles que não têm afinidade com sistemas Web.

O BI do sistema para acompanhamento das informações relativas aos focos de calor ficou como na Figura 9:

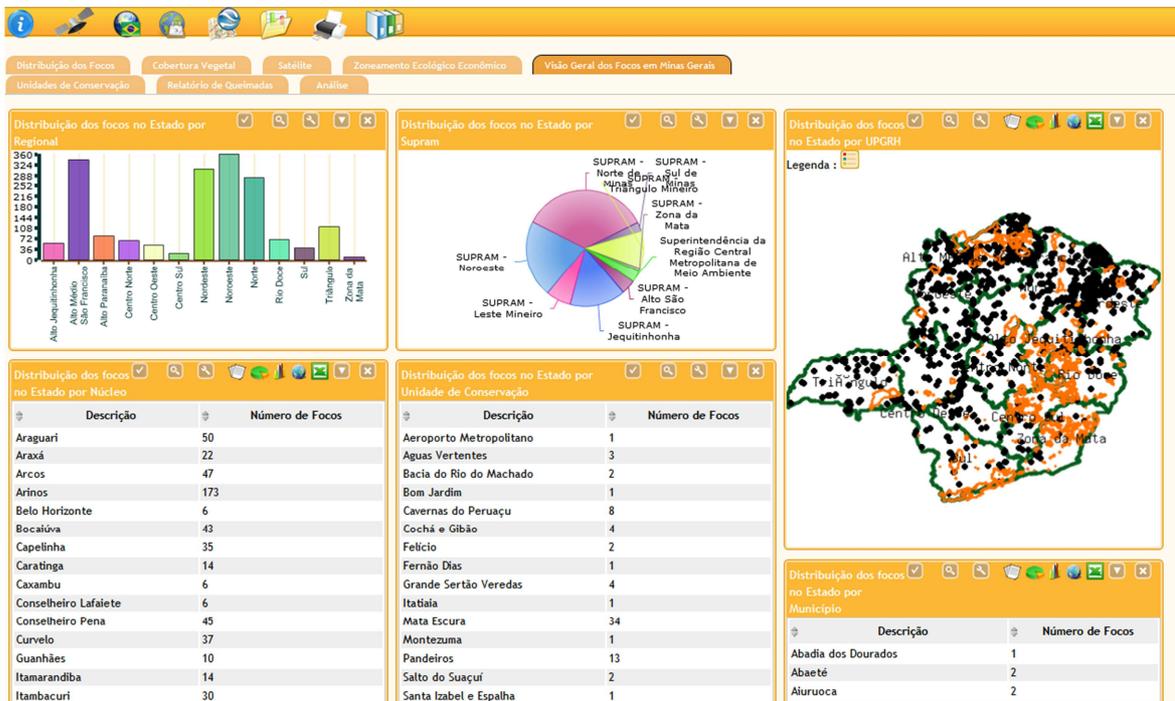
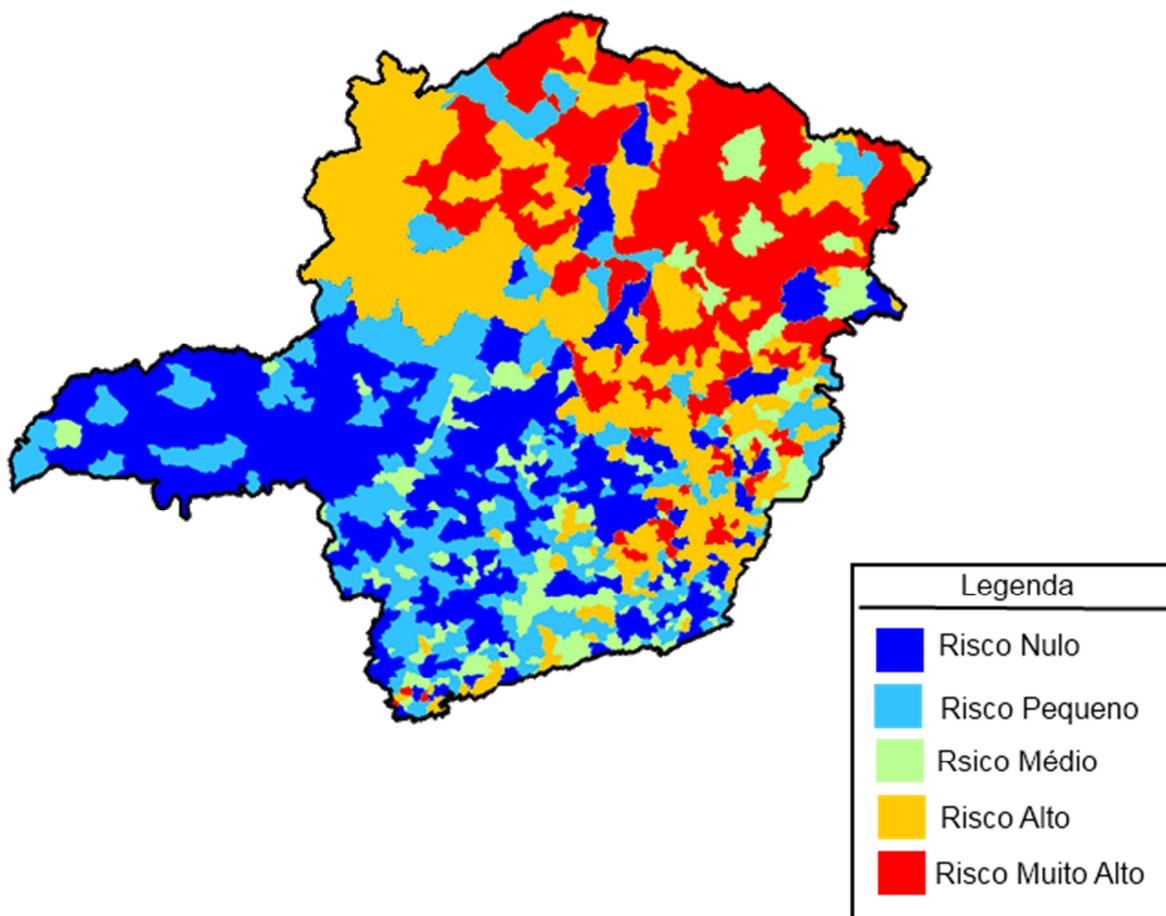


Figura 9 - Interface do BI – AmBIente

Também como resultado do sistema, o cálculo do grau de perigo de incêndio feito diariamente gera um mapa que é exibido na interface principal do sistema logo após o login.

Como resultado do cálculo do grau de perigo de Incêndio para o dia 15/10/2010 temos a Figura 10.

A figura representa os valores do grau de perigo de Incêndio em cada um dos 853 municípios de Minas Gerais, esses foram coloridos de acordo com o valor da fórmula de Monte Alegre como descrito na Figura 5.



**Figura 10 - Risco de Incêndio nos municípios de Minas Gerais no dia 15/10/2010**

E quando cruzado o resultado do cálculo do grau de perigo de incêndio com os focos que o sistema recebeu do INPE também do dia 15/10/2010, vemos que os resultados são satisfatórios, como mostrado na Figura 11.

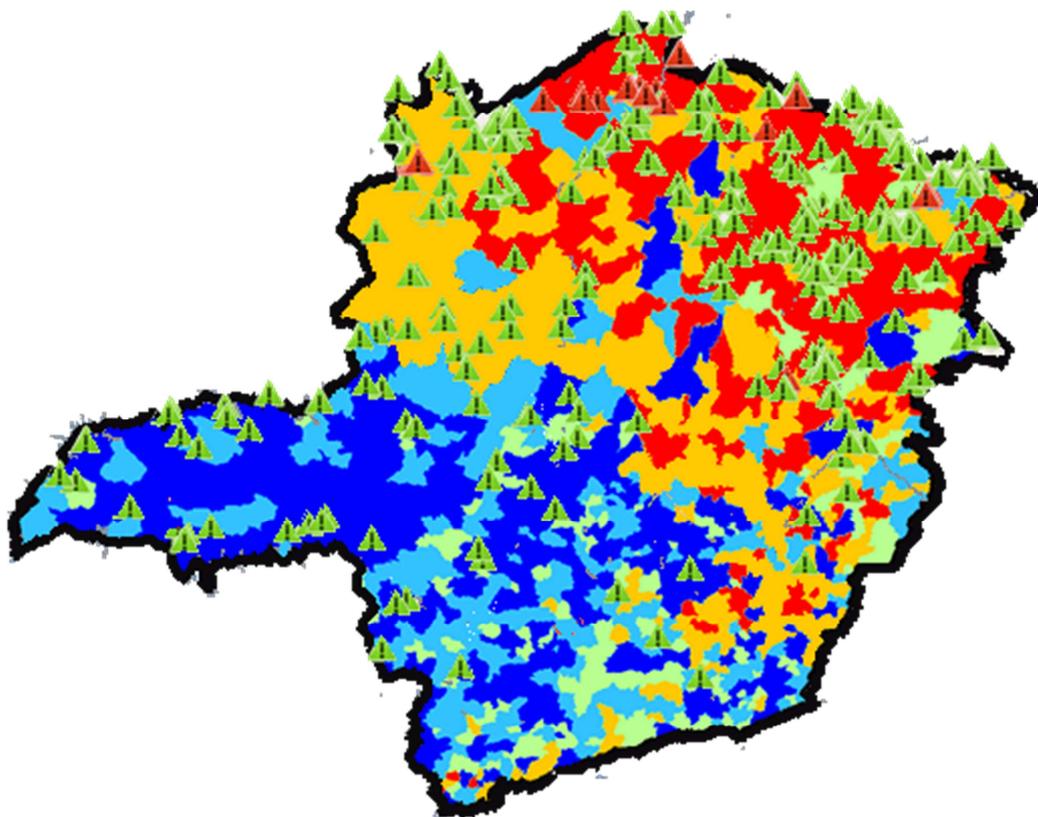
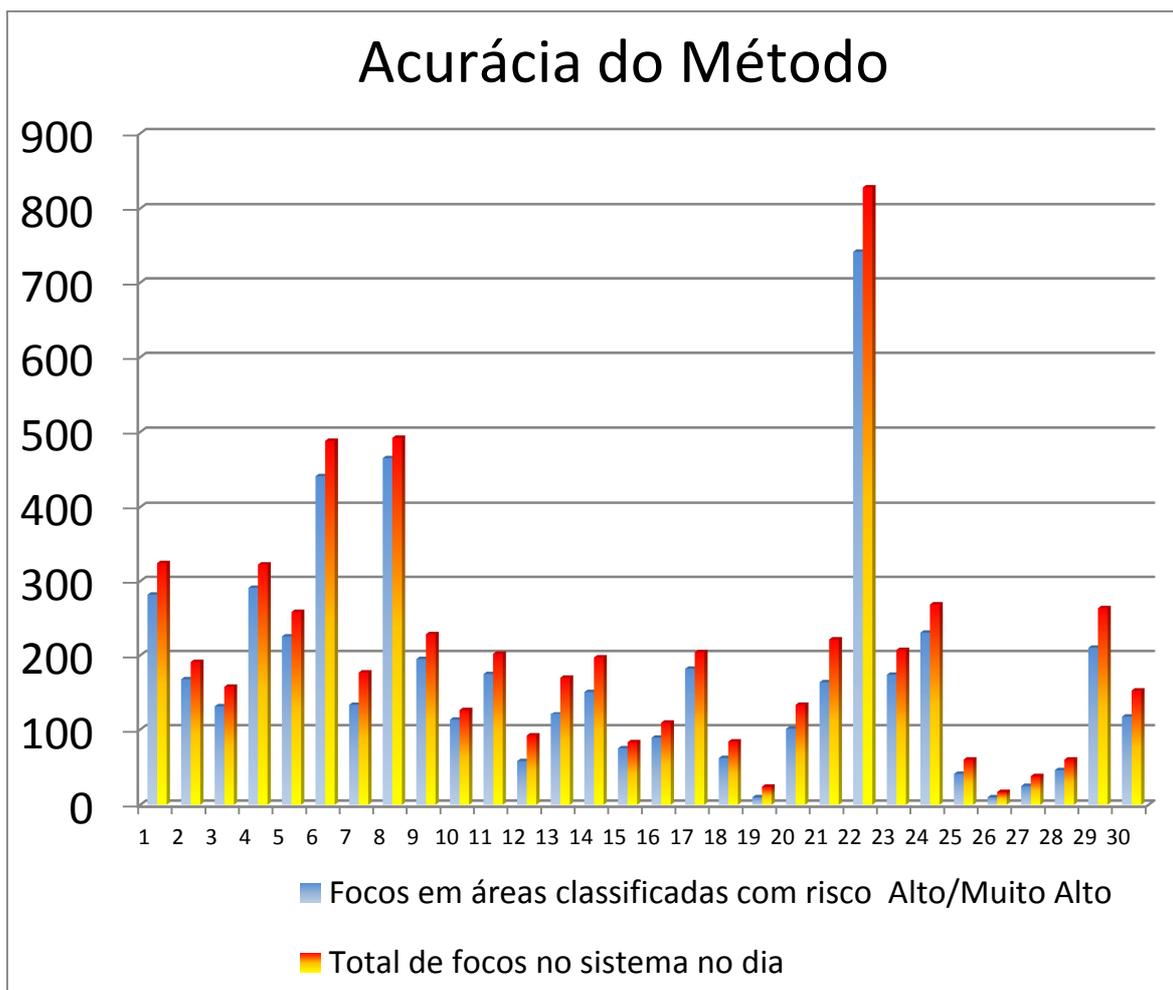


Figura 11 - Cruzamento do Risco de Incêndio e Focos de Calor

Uma possível explicação para que no Triângulo e Centro Oeste Mineiro apareçam tantos focos de calor mesmo com o grau de perigo de incêndio muito baixo, é a alta concentração de produtores *sucroalcooleiros* (produtores de cana de açúcar e seus derivados), que fazem queima controlada de suas plantações antes do período de colheita. Mesmo assim, o índice se mostrou bem aceitável com uma acurácia de 90.3% de focos em regiões com índice de risco de incêndio em “Alto” ou “Muito Alto”, no dia em questão.

Repetindo a análise para os demais dias do mês de outubro obtivemos como resultado o Gráfico 1.



**Gráfico 1 - Acurácia do Método**

Esse gráfico mostra o número de focos (eixo vertical) de um determinado dia de outubro (eixo horizontal), a coluna vermelho-amarelada mostra o total de focos no sistema no dia e a azul mostra quantos desses focos estavam em área onde o cálculo do risco era alto ou muito alto.

Dos 6182 focos encontrados no sistema do dia 01 até o dia 31 de Outubro de 2010, 5228 estavam em áreas de alto ou muito alto risco de incêndio de acordo com o índice do dia o que totaliza um acerto de aproximadamente 84.5%.

Os outros 15.5% em média, que foram classificados em áreas de risco médio, pequeno ou nulo, que mesmo assim apresentaram focos de calor (falso-negativos), podem ser explicados por plantações de cana-de-açúcar que sofrem muitas queimadas, principalmente na época de colheitas, fornos de carvoaria, incêndios criminosos, ou mesmo pedras, que com o calor do sol emitem radiação que é captada pelo satélite.

Essas classificações de falsos-negativos, só poderiam ser verificadas com o uso

constante do sistema desenvolvido e a partir da classificação manual com o uso da ferramenta.

Atualmente esses dados ainda não se encontram no sistema, porém a ferramenta já contempla a verificação desses focos e suas classificações.

Podendo ser ela em uma das seguintes classes:

- Renovação de pastagem;
- Ritos religiosos;
- Criminoso;
- Limpeza para plantio;
- Causa desconhecida;
- Rocha;
- Carvoaria;

Dentre outros que podem ser cadastrados no sistema com o uso da parte de gerência.

## 5. CONCLUSÕES

A importância da informação para gestores vem crescendo ao longo dos anos como um recurso estratégico. A simples coleta e o armazenamento de dados não são suficientes para que através deles sejam extraídas informações úteis. Os dados devem ser trabalhados e gerenciados de uma forma e quantidade que o ser humano sozinho não conseguiria. O uso de SIG's além de proporcionar coleta e armazenamento de dados e informações de maneira segura, também os gerenciam de forma mais eficiente.

A facilidade de uso do sistema e sua aplicabilidade no aumento da possibilidade de sucesso de prevenção dos incêndios poderá se traduzir em aumento do sucesso da ferramenta no estado de Minas Gerais e, sendo possível, ser aplicada também para todo o país. Este pressuposto será verificado na segunda etapa do sistema e quando for disponibilizado ao público, quando será implementado também um processo de acompanhamento e avaliação do resultado da aplicação do sistema.

O SIG desenvolvido busca cumprir o seu papel de auxiliar os gestores dos parques e unidades de conservação de Minas Gerais, além das demais pessoas que necessitam de informações sobre focos de calor.

Espera-se que o sistema possa contribuir para a gestão das informações dos focos de calor, sendo uma importante ferramenta no processo de tomada de decisões.

A fórmula de Monte Alegre se mostrou eficaz no cálculo do risco de incêndios florestais e dentre suas diversas utilidades e aplicações dos índices de perigo de incêndios, pode-se destacar:

### a) Conhecimento do grau de perigo

Os índices permitem, diariamente, um conhecimento do grau de perigo a que está sujeita a área florestal, ao estimar a probabilidade de ocorrência de incêndios, desde que exista uma fagulha para iniciar a combustão.

### b) Planejamento do controle de incêndios

À medida que os valores dos índices de grau de perigo aumentam, devem ser intensificadas as medidas preventivas de pré-supressão ao fogo. Porém, quando os índices indicam que não existe perigo ou que ele é pequeno, as medidas de prevenção e prontidão podem ser atenuadas, reduzindo os custos das operações de controle.

c) Permissão para queimas controladas

De acordo com o código florestal, as queimas controladas só podem ser feitas mediante autorização do poder público, No caso de Minas Gerais, quem concede essa autorização é o IEF (Instituto Estadual de Florestas). O índice de perigo de incêndio deve ser um dos fatores fundamentais para a concessão de permissão para queima. Quando o perigo é alto ou muito alto, não devem ser permitidas as queimas, pois o fogo se alastra e transformar as queimas controladas em incêndios incontroláveis.

d) Estabelecimento de zonas de perigo

O acompanhamento dos índices, durante certo tempo, em grandes regiões, permite estabelecer as zonas potencialmente mais perigosas ou propícias à ocorrência de incêndios. Considerando que o limite da validade e segurança dos índices e de 40 km de raio em torno da estação meteorológica que fornece os dados. Portanto, em um Estado como Minas Gerais deve-se esperar diferenças significativas, entre o grau de perigo das suas diversas regiões.

e) Previsão do comportamento do fogo

Os índices que estimam também a propagação e o potencial de danos fornecem uma boa ideia do comportamento do fogo, caso ocorra um incêndio. Mesmo os índices de ocorrência, embora mais limitados, podem também dar uma indicação do que se deve esperar em termos de comportamento do fogo, que será certamente distinto se o incêndio ocorrer em um dia de perigo médio ou muito alto, por exemplo.

f) Advertência pública do grau de perigo

A divulgação dos valores dos índices, através dos meios de comunicação disponíveis, é importante para que as pessoas que trabalham na floresta ou a usam como recreação, tenham conhecimento do grau de perigo de incêndio. Este conhecimento, acompanhado de outros esclarecimentos, ajuda a formar na população uma maior conscientização para os problemas que os incêndios podem causar às florestas.

## 6. TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se:

- Buscar melhores métodos de interpolação, levando em conta, por exemplo, a variáveis como altitude e o índice pluviométrico anual.
- Uso de outros dados para se criar uma alternativa à fórmula de Monte Alegre, com o auxílio de aprendizagem de máquina, usando variáveis como vegetação do local, velocidade do vento, atividades agroindustriais, cruzamento com os dados obtidos dos projetos do Inventário Florestal de Minas Gerais e do Zoneamento Ecológico e Econômico de Minas Gerais.

## **7. EQUIPE**

Orientador: Prof. André Vital Saúde

Aluno: Luca Araújo Egas Prieto

Membros da Banca Examinadora: Samuel Rodrigues Campos Sales e Sanderson Lincoln  
Gonzaga de Oliveira.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. A. **Web services na informação geográfica. Dissertação, Universidade do Minho.** Braga: [s.n.], 2005.

BARBIERI, C. **Bi-Business Intelligence: Modelagem e Tecnologia.** 1ª. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, v. I, 2001. ISBN 8573231483.

BHARGAVA, H.; POWER, J. . D. Decision Support Systems and Web Technologies: A Status Report. **Proceedings of the 2001 Americas Conference on Information Systems,** Boston, 3-5 Agosto 2001. 61-69.

BOOR, C. D. **A Practical Guide to Splines.** 1ª. ed. New York: Springer-Verlag, v. XXIV, 1978. 392 p.

DALI, T.; JIXIAN, H. **Structure and technology on application-webgis.** 1ª. ed. Beijing: Info-tech and Info-net, v. I, 2001. 254–260 p.

GARRETT, J. E. A. **Ajax: A new approach to web applications.** [S.l.]: Adaptive Path, 2005.

IEF, I. E. D. F.-. Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. **IEF - MG,** 2005. Disponível: <<http://servicos.meioambiente.mg.gov.br/previncendio/previncendio.asp>> . Acesso em: 30 nov. 2010.

INPE; CPTEC; DSA. Monitoramento de Queimadas INPE. **INPE,** 2010. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>>. Acesso em: 31 Outubro 2010.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An Introduction to Applied Geostatistics.** New York: Oxford University Press, Inc., 1989.

JAKOB, A. A. E. A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. **Anais do XIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais da ABEP,** Ouro Preto, 2002.

KESSELL, S.; POTTER, M. W.; BEVINS, C. D. **Analysis and application of forest fuels data.** Melborn: Environmental Management, 1997. 347-363 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do Trabalho Científico.** 7ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LISBOA F, J.; IOCHPE, C.; HASENACK, H.; WEBER, J. E. **Modelagem conceitual de banco de dados geográficos: o estudo de caso do projeto PADCT/CIAMB.** Centro de Ecologia/UFRGS. Carvão e Meio Ambiente. Porto Alegre. 2000.

NGOLO, M. Arquitetura orientada a serviços rest para laboratórios remotos. **FCT-UNL,** 2009.

POWER, D. J. A Brief History of Decision Support Systems. **DSSResources.COM**, p. 60-80, 10 Março 2007. Disponível em: <<http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html>>. Acesso em: 2 nov. 2010.

QUEIROZ, G. R.; RIBEIRO, R. K. **Tutorial sobre Banco de Dados Geográficos**. 1ª. ed. Pirassununga: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE/ GeoBrasil, v. I, 2006.

SAMPAIO, G. B.; GAZOLA, A.; LISBOA FILHO, J. **Modelagem e Projeto de Banco de Dados Geográfico com Características Temporais**. Viçosa: Departamento de Informática – Universidade Federal de Viçosa - MG – Brasil, 2005.

SAUVAGNARGUES-LESAGE, S. et al. Experimental validation in Mediterranean shrub fuels of seven wildland fire rate of spread models. **International Journal of Wildland Fire**, p. 15-22, 2001.

SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. D. **Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006.

SETZER, A.; YOSHIDA, M. C. detecção de Queimadas nas Imagens do Satélite Geoestacionário GOES-12. **INPE - Queimadas**, 2007. Disponível em: <[http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/v\\_anterior/documentos/relat\\_goes.htm](http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/v_anterior/documentos/relat_goes.htm)>. Acesso em: 1 Novembro 2010.

SOARES, R. V. **Prevenção e Controle de Incêndios Florestais**. Curitiba: FUPEF, 1979. 72-79 p.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais - Controle e Uso do Fogo**. Curitiba: FUPEF, 1985. 213-214 p.

WEI, E. C.; MCGUINNESS, J. L. Reciprocal distance squared method. A computer technique for. **Agricultural Research Service Report**, Washington, v. I, n. 8, p. 30, Agosto 1973.

WORBOYS, M.; DUCKHAM, M. GIS: A computing perspective. [S.l.], 2004.