

4 Plataforma GeoRisc

A Plataforma GeoRisc é uma linha de produto que oferece um ferramental para cálculos de susceptibilidade e risco geoambiental. Essa plataforma abrange diversas *features*, que representam técnicas e modelos de cálculo para a geração de mapas de susceptibilidade. Esses modelos levam em consideração diferentes tipos de informações geomorfológicas em diferentes tipos de escalas, dessa forma é possível aplicar o conhecimento mantido por institutos e especialistas Geotécnicos, em locais de poucos recursos financeiros e técnicos. Além disso, a plataforma oferece *features* para a análise e recomendação de mapas de suscetibilidade. O manual de utilização da plataforma desenvolvida pode ser visto no Apêndice I.

4.1.Domínio

O propósito da plataforma é fornecer meios para análises de riscos geoambientais associados a escorregamentos. Os escorregamentos são movimentos de massa que podem ser classificados de acordo com o tipo da massa e a velocidade que ela percorre, alguns exemplos são a corrida de lama, a queda de rocha, a avalanche de rocha, o escorregamento de detritos, entre outros.

Para delimitar áreas em que possam ocorrer deslizamentos são gerados mapas de susceptibilidade. Esses mapas geralmente subdividem áreas de acordo com as probabilidades de ocorrerem escorregamentos. Essas chances são subdivididas em classes, que podem variar de nenhuma ou baixa probabilidade até alta probabilidade.

Os mapas de susceptibilidade são gerados através de modelos. Os modelos combinam atributos dos tipos de camadas que compõem o ambiente e os fatores que afetam esse ambiente a fim de gerar a probabilidade do escorregamento do solo desse ambiente.

As camadas que compõem o ambiente são fatias que representam determinados aspectos da realidade, exemplos de camadas são: a vegetação, o tipo de solo, a declividade, entre outros. O ambiente em que vivemos é a composição de todas essas camadas, a Figura 1 apresenta um exemplo dessa

composição. Os fatores que afetam o ambiente são eventos da natureza que não podem ser mapeados como as camadas, mas podem ser medidos, exemplos desses fatores são a chuva e o vento.

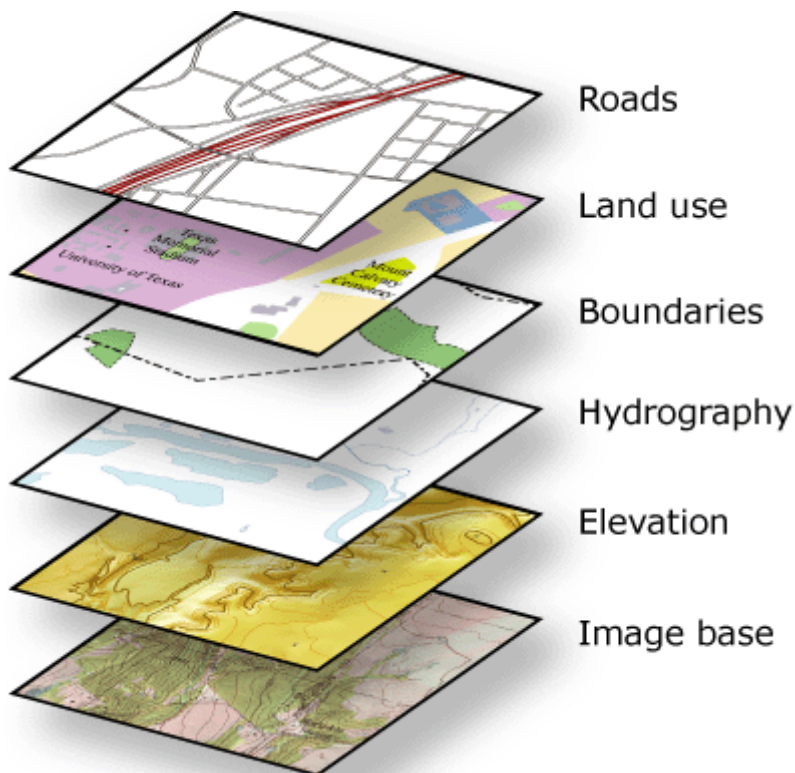


Figura 1 - A composição de camadas (ARCGIS, 2009)

O mapa de risco é a combinação do mapa de susceptibilidade com uma análise do nível do dano que o escorregamento em cada ponto do mapa pode gerar, seja ele financeiro seja em possíveis perda de vidas.

4.2.Arquitetura

A arquitetura base criada para a plataforma pode ser vista na Figura 2. Nessa figura são representadas as diversas camadas presentes na plataforma. As camadas `Núcleo` são módulos que funcionam de base para o funcionamento da plataforma. As camadas `Feature` são camadas que devem ser desenvolvidas para adicionar novos modelos ou funcionalidades à plataforma, essas camadas devem conter implementações de pontos flexíveis presentes no núcleo do sistema. As implementações dos pontos flexíveis são reconhecidas pelo núcleo da aplicação e adicionadas à plataforma em tempo de execução.

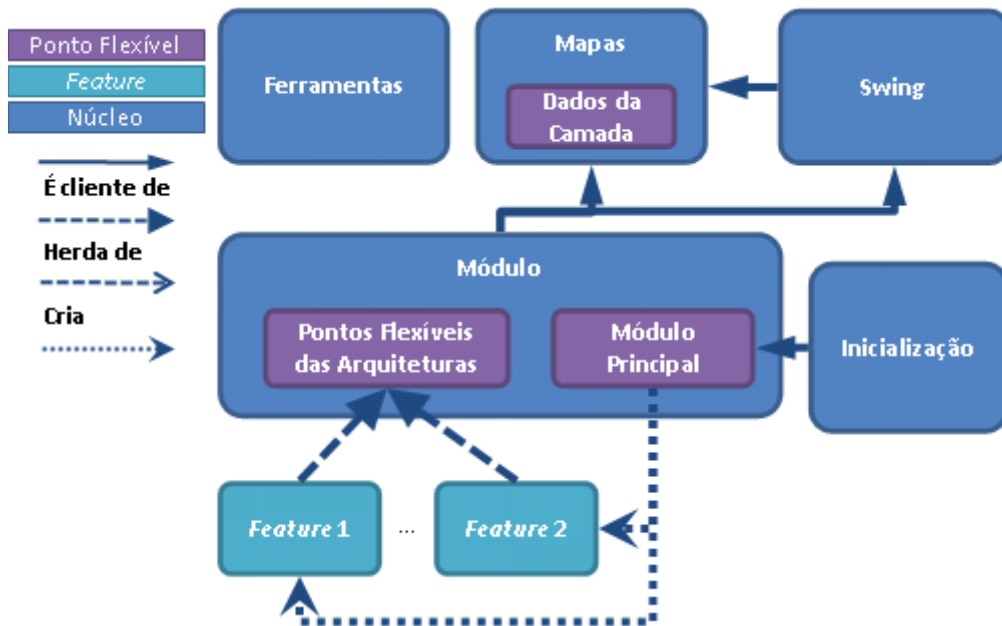


Figura 2 - Arquitetura da Plataforma

A camada *Inicialização* é responsável pela inicialização da plataforma e das *features* associadas à plataforma. Para a inicialização, uma *feature* deve implementar o *Módulo Principal*, esse módulo é responsável pela criação dos objetos presentes na *features*. Assim, o módulo de *Inicialização*, em tempo de execução, procura por implementações do *Módulo Principal* e instancia essas implementações. Com os *Módulos Principais* das *features* devidamente instanciados, o módulo de *Inicialização* requisita para cada *Módulo Principal* a criação dos objetos base das *features*.

A camada *Swing* é responsável pela visualização dos mapas. A principal tarefa dessa camada é a renderização dos mapas. No entanto, essa camada também fornece ferramentas para fazer *Zoom In* e *Zoom Out* nos mapas, arrastar um mapa, enquadrar um mapa na tela e a visualização das informações dos dados dos pontos dos mapas. Essa camada não carrega um mapa da memória, essa função é realizada pela camada *Mapas* e com o mapa carregado a camada *Swing* se encarrega da apresentação desse mapa na tela.

A camada *Mapas* é responsável por fornecer ferramentas para carregamento e interpretação de mapas. Essa camada faz a leitura de arquivos *Shapefile*, que são mapas georreferenciados que contém diversas informações em cada ponto do mapa. Essa camada faz o gerenciamento desses mapas e oferece um ponto flexível de modo que as *features* da plataforma possam associar informações ao mapa como um todo, um exemplo da utilização dessa funcionalidade é a atribuição de um peso ao mapa no modelo de combinação qualitativa.

A camada de `Ferramentas` fornece várias funcionalidades para a aplicação e para as *features*. Nessa camada há ferramentas para realizar cálculos, leitura e gravação de arquivo, *log* da aplicação, internacionalização da aplicação, aplicação de estilos em mapas, entre outros.

A camada `Módulo` é responsável pelo gerenciamento dos modelos e das funcionalidades da plataforma. Essa camada integra as funcionalidades de visualização de mapas da camada `Swing` e as ferramentas para carregamento e interpretação de mapas da camada `Mapas` com as *features*. Além disso, essa camada encapsula elementos das arquiteturas orientadas a objetos e orientada a agentes através de pontos flexíveis específicos para cada arquitetura.

4.3.Modelos

Como dito anteriormente, os mapas de susceptibilidade são gerados através de modelos que combinam atributos dos tipos de camadas que compõem o ambiente e os fatores que afetam esse ambiente. Atualmente existem diversos modelos na literatura. Nesse projeto foram escolhidos três para serem modelados e implementados.

4.3.1.Modelo de Precipitação

O modelo de precipitação é uma das *features* da plataforma GeoRisc. Esse modelo se refere aos critérios adotados pela Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (GeoRio). Esse modelo recebe como entrada dados pluviométricos, e a partir desses dados é feito o cálculo da susceptibilidade.

Para utilizar esse modelo inicialmente o usuário deve informar um plano de informação com as taxas de precipitação acumuladas nas 24 horas anteriores. Posteriormente o usuário deve informar outro plano de informação com a intensidade de chuvas acumuladas em 96 horas, ou seja, quatro dias. Após os passos apresentados, o usuário deve clicar com o botão direito nas camadas e selecionar qual é a camada atual e qual é a camada dos quatro dias, a fim de que, o modelo possa identificar as camadas.

Com os dois planos de informação o modelo já é capaz de realizar o cálculo de susceptibilidade, mas como o resultado gerado pelo modelo nesses casos é um quadrado com a susceptibilidade da região, foi adicionado mais um plano de informação opcional de forma que ele atue como uma máscara e recorte esse quadrado no formato da máscara. Dessa forma, a máscara nada

mais é do que o mapa da área analisada, ficando mais visível o resultado do modelo no mapa. Para utilizar essa funcionalidade basta adicionar a máscara e clicar com o botão direito no nome do mapa e selecionar máscara.

Como pode ser visto na Figura 3, o modelo é bem simples. Basicamente, o agente calcula a função a partir dos dados informados para cada área do mapa e verifica se a região está acima ou abaixo do nível de deslizamento. E caso seja informada a máscara o agente recorta o resultado e gera o mapa com a susceptibilidade da região.

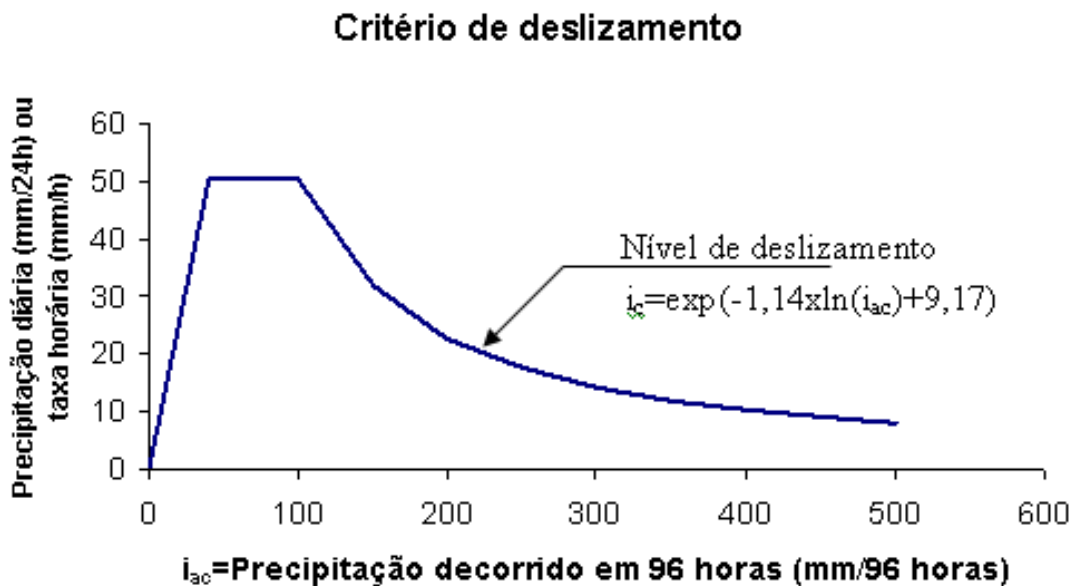
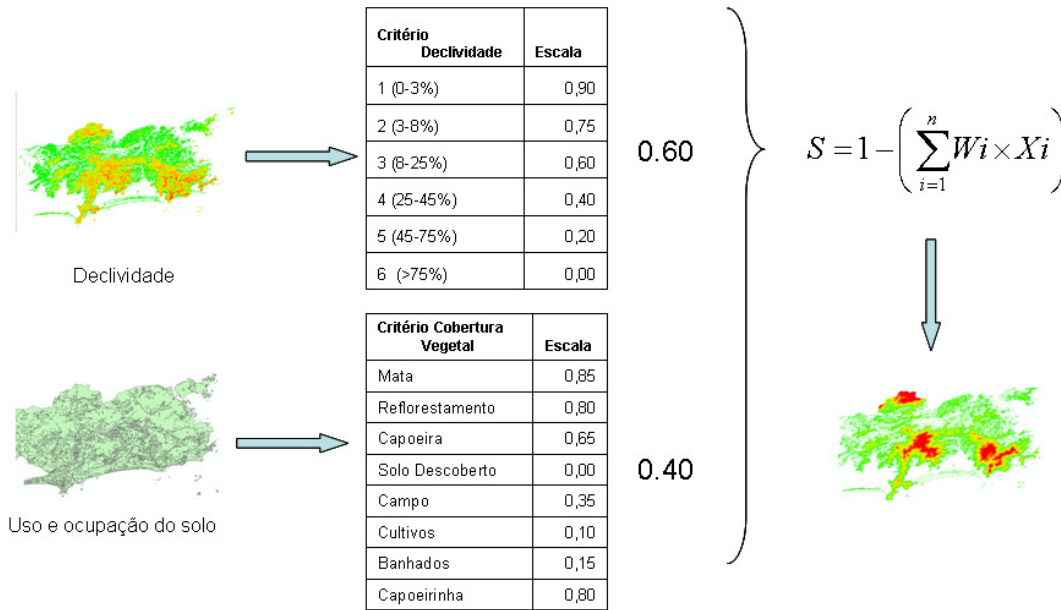


Figura 3 - Critério de precipitação

4.3.2. Modelo de Combinação Qualitativa

O modelo de combinação qualitativa é uma das *features* da plataforma GeoRisc. Esse modelo recebe como entrada diferentes tipos de mapas. Cada mapa recebe um peso e tem seus dados classificados. Com o peso e os dados classificados é feito o cálculo da susceptibilidade.

A Figura 4 ilustra o processo de cálculo o qual o agente de combinação qualitativa realiza. Inicialmente o usuário informa os planos de informação, mapas, que ele deseja combinar, no exemplo são considerados a declividade e o uso e ocupação do solo. Cada mapa tem informações georreferenciadas associadas ao tema do mapa, ou seja, o mapa de uso e ocupação do solo tem informações referentes à vegetação de cada ponto do mapa.



Planos de Informação Classificação (X) Peso (W) Susceptibilidade
 Figura 4 - Cálculo da combinação qualitativa

Após a adição dos planos de informação, o usuário deve informar as escalas dos mapas. As escalas são distribuições das informações contidas nos mapas em classes, de acordo com um sistema de classificação. Na Figura 4 a vegetação teve um mapeamento direto: Mata vale 0.85 e Solo descoberto vale 0.00, já a declividade recebeu classes de valores: De 0 a 3% de declividade vale 0.85 e 45 a 75% de declividade vale 0.20.

Em seguida, o usuário deve informar o peso que o plano de informação tem na combinação, esse peso indica a importância que o mapa terá no cálculo da susceptibilidade. No exemplo dado a declividade teve um peso, importância, maior que o uso e a ocupação do solo.

De posse de todos os dados o modelo pode realizar o processamento que consiste no cálculo da fórmula presente na Figura 4. Ou seja, o modelo multiplica o peso do mapa por cada informação presente nos pontos dos mapas e soma as mesmas áreas de cada mapa. O resultado desse cálculo gera um número que é a probabilidade de ocorrer um movimento de massa em cada coordenada do mapa. Essa operação gera um novo mapa com valores diferentes, porém, com as mesmas coordenadas.

O novo mapa é chamado de mapa de susceptibilidade, no qual os pontos que estiverem com valores próximos de um indicam que há uma alta probabilidade de ocorrerem deslizamentos e valores próximos de zero indicam baixa probabilidade. Os valores informados no exemplo são meramente ilustrativos e não indicam números obrigatórios. Além disso, esses dados não são fixos e podem variar de região para região

4.3.3. Modelo de Fator de Segurança

O modelo fator de segurança é responsável pelo cálculo de um modelo determinístico que combina um modelo de precipitação (IVERSON, 2000) com o modelo de talude infinito para determinar o coeficiente de segurança do talude. Dessa forma, é possível analisar a variação do fator de segurança de uma determinada área ou encosta, antes, durante e após a ocorrência de eventos chuvosos. Esse modelo é baseado nas informações de Moncada (comunicação pessoal, 27 de Julho de 2009).

O cálculo desse modelo é executado em seis etapas e nessas são utilizados diversos dados do solo e do nível de penetração da água nesse solo. Desse modo a escala que esse modelo abrange é grande, local, sendo maior que a escala dos outros modelos da plataforma. A Figura 5 mostra os dados utilizados.

Parâmetro	Significado	Unidade
K_{sat}	condutividade hidráulica saturada	m/s
D_0	difusividade hidráulica máxima (umidade próxima à saturação).	m^2/s
γ_s	Peso específico dos sólidos	N/m^3
γ_w	Peso específico da água	N/m^3
H	Profundidade desejada	m
α	Ângulo da encosta (declividade)	graus($^\circ$)
ϕ	Ângulo de atrito interno do solo.	graus($^\circ$)
c	Coesão do solo	Pa
I_z	Intensidade da chuva: razão entre quantidade e tempo	m/s
I_z/K_z	Razão de recarga	adimensional

Figura 5 – Dados utilizados no cálculo do fator de segurança

A primeira etapa do cálculo consiste na individualização dos eventos de chuva, os eventos de chuva são períodos em que choveu sem intermitência, pode haver mais de um evento de chuva em um dia, como pode ser visto na Figura 6. Para cada evento de chuva são coletados o horário de início e o de término e a quantidade de chuva acumulada. Com esses dados é calculada a intensidade da chuva, descrita na Figura 5.

Mês:	Fevereiro	2007		
Evento	1	2	3	4
Data	02/02/2007	11/02/2007	12/02/2007	26/02/2007
mm acum	13,60	42,00	10,00	3,20
Início	20:48	13:33	00:03	17:18
Fim	22:03	17:33	02:48	17:33
Duração (min)	75,00	240,00	165,00	0,21
Evento		2a		
mm acum		26,00		
Início		18:48		
Fim		22:18		
Duração (min)		210,00		

Figura 6 – Individualização dos eventos de chuva

A segunda etapa consiste no cálculo da razão de recarga¹ para cada evento, como pode ser vista na Figura 7. Obs.: o valor máximo da razão de recarga deve ser igual a 1.

$$\frac{I_z}{K_z} = \frac{1,1E^{-5}}{5E^{-6}} = 2,2 > 1$$

Figura 7 - Cálculo da razão de recarga

A terceira etapa é responsável pelo cálculo da função de resposta $R(t^*)$. Os cálculos utilizam tempos t pré-definidos, de acordo com a precisão desejada. Existem duas fórmulas para o cálculo dessa função. A primeira é utilizada quando o tempo t estiver durante o período da chuva, como pode ser visto na Figura 8. A segunda é quando o tempo t estiver após a chuva, como pode ser visto na Figura 9.

$$R(t^*) = \sqrt{\frac{t^*}{\Pi}} \exp\left(\frac{-1}{t^*}\right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{t^*}}\right)$$

Figura 8 - Função de resposta durante a chuva

$$R(t^*) - R(t^* - T^*) = \sqrt{\frac{t^*}{\Pi}} \exp\left(\frac{-1}{t^*}\right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{t^*}}\right) - \sqrt{\frac{(t^* - T^*)}{\Pi}} \exp\left(\frac{-1}{\sqrt{(t^* - T^*)}}\right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{(t^* - T^*)}}\right)$$

Figura 9 - Função de resposta após a chuva

Na quarta etapa é feito o cálculo da carga hidráulica² normalizada. Assim como na terceira etapa, a quarta etapa contém duas fórmulas. Como pode ser visto na Figura 10, a primeira fórmula é utilizada para quando o tempo t estiver durante a chuva e a segunda fórmula é para quando o tempo t for posterior a chuva.

1 A razão de recarga é calculada pela intensidade da chuva sobre a capacidade do solo de absorver essa água da chuva, ou seja, é uma razão que representa a capacidade do solo absorver a água enquanto ocorre a chuva de determinada intensidade.

2 Carga hidráulica é a altura de uma coluna de água medida em um piezômetro ligado a um ponto de um aquífero.

$$\frac{\psi}{Z}(Z, t \leq T) = \frac{I_z}{K_z} [R(t^*)]$$

$$\frac{\psi}{Z}(Z, t > T) = \frac{I_z}{K_z} [R(t^*) - R(t^* - T^*)]$$

Figura 10 - Fórmulas para calcular a carga hidráulica normalizada

Na quinta etapa é realizada a quantificação de uma carga hidráulica à seqüência dos eventos ao longo do tempo. Ou seja, é feito um somatório de todos os valores da carga hidráulica gerados em cada intervalo de tempo analisado. Dessa forma, no final do quinto estágio haverá uma série de pares intervalo de tempo e somatório de carga hidráulicas nesse intervalo, como pode ser visto na Figura 11.

$$\psi/Z_{\text{total}}(\mathbf{tx}, \mathbf{Zy}) = \psi/Z_{\text{ev1}}(\mathbf{tx}, \mathbf{Zy}) + \psi/Z_{\text{ev2}}(\mathbf{tx}, \mathbf{Zy}) + \dots + \psi/Z_{\text{evx}}(\mathbf{tx}, \mathbf{Zy})$$

Figura 11 - Cálculo da carga hidráulica total

Na sexta etapa é calculado o fator de segurança ao longo do tempo, para a verificação da condição de estabilidade da encosta. O cálculo é realizado com a soma da equação presente na Figura 12, que representa a função das condições geométricas do talude; com a equação presente na Figura 13, que representa a função da influência da umidade do solo. Esse cálculo pode ser executado com várias profundidades, a fim de, encontrar a profundidade mais susceptível a ruptura.

$$FS_0(Z) = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} + \frac{c}{\gamma_s Z \sin \alpha \cos \alpha}$$

Figura 12 - Condições geométricas iniciais do talude

$$FS'(Z, t) = -\frac{\gamma_w}{\gamma_s} \frac{\tan \phi}{\sin \alpha \cos \alpha} \begin{cases} \psi/Z(Z, t^* \leq T^*) \\ \psi/Z(Z, t^* > T^*) \end{cases}$$

Figura 13 - Influência da umidade do solo

4.4.Ferramentas Adicionais

Além dos modelos a plataforma oferece outras *features* para a análise e recomendação de mapas de suscetibilidade.

4.4.1.Comparação de Modelos

A ferramenta de comparação de modelos é uma das *features* da plataforma GeoRisc. Essa ferramenta não representa um modelo, ela é uma funcionalidade adicionada à plataforma. Essa funcionalidade faz comparações entre modelos que geram algum mapa de suscetibilidade com escorregamentos que ocorreram no passado na mesma região dos mapas de

susceptibilidade e apresenta uma porcentagem de acerto dos mapas de susceptibilidade.

Para fazer essas comparações, primeiramente o usuário deve executar os modelos que gerem algum mapa de susceptibilidade, o sistema armazena automaticamente o ultimo resultado de cada modelo executado. Posteriormente o usuário deve informar um mapa especial chamado de mapa de inventário. Nesse mapa estão contidos os escorregamentos georeferenciados que ocorreram no passado.

Com o mapa de inventário, a ferramenta de comparação de modelos obtém os modelos que geraram algum mapa de susceptibilidade e compara esse mapa com o mapa de inventário. A ferramenta verifica se o escorregamento do inventário está contido em regiões de grande probabilidade de escorregamento contido no mapa de susceptibilidade. E assim a ferramenta informa a porcentagem que o mapa de susceptibilidade abrange os escorregamentos passados em dada região.

4.4.2. Especialista

A ferramenta especialista também é uma *feature* incorporada na plataforma GeoRisc. Essa *feature* tem o objetivo de fazer recomendações de modelos de susceptibilidade, que somente especialistas no domínio teriam conhecimento para fazê-lo. Para isso, a ferramenta faz uso de diversas tecnologias e técnicas como a utilização e bases de conhecimento e ontologias.

O processo de recomendação da ferramenta é bem simples, como pode ser visto na Figura 14. Esse processo funciona como um ciclo no qual o especialista envia uma pergunta para o usuário fundamentada na própria base de conhecimento, essa pergunta pode ser a respeito da região a ser analisada ou dos dados que o usuário possui. Após o recebimento da pergunta, o usuário informa a resposta. Essa resposta é processada pelo especialista, que pode atualizar ou fazer inferências na base de conhecimento. Caso não haja nenhuma pergunta adicional o especialista informa o modelo ideal para a região escolhida.

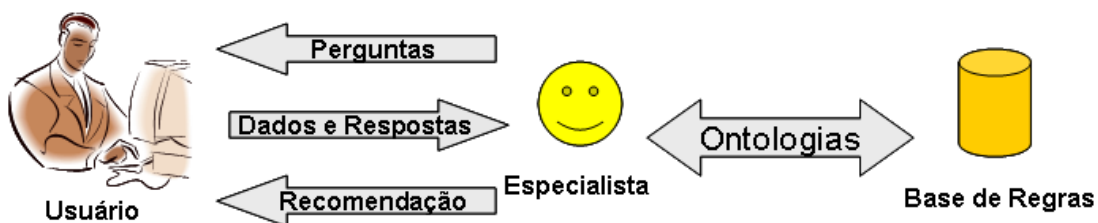


Figura 14 - Funcionamento do especialista

4.4.2.1.Ontologia

Nesse trabalho foi criada uma ontologia para descrever os conceitos básicos do domínio relativo à análise de susceptibilidade. Com essa ontologia foi possível compartilhar o domínio com os outros agentes que representam os modelos e realizar análises para o processo de recomendação. A Figura 15 apresenta a estrutura da ontologia.

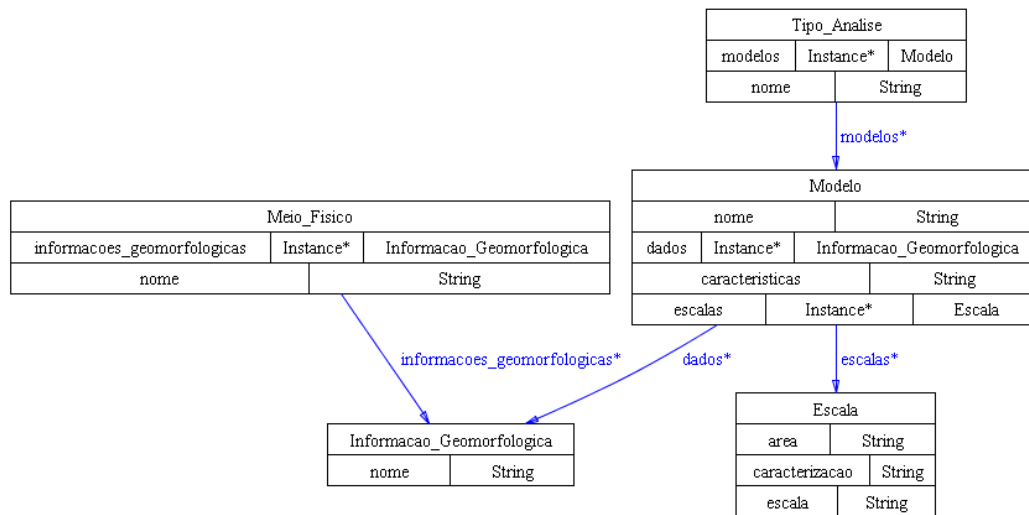


Figura 15 - Ontologia do domínio do Especialista

Os elementos da ontologia são descritos a seguir (informação verbal) 3.

O `Tipo_Análise` representa a abordagem utilizada nos tratamentos dos dados (geomorfológicos e humanos) e nas análises de susceptibilidade, a escolha da metodologia dependerá do tipo e da quantidade de dados disponíveis assim como da escala de trabalho escolhida. Alguns dos tipos de análise são as de inventário e as estatísticas.

O `Modelo` combina atributos das informações geomorfológicas e os fatores que afetam o ambiente a fim de gerar a probabilidade do escorregamento do solo desse meio. Cada modelo funciona com determinados tipos de escalas, caso seja utilizado em uma escala diferente o resultado não seria válido. Alguns dos modelos são o de Combinação Qualitativa e o de Fator de Segurança.

A `Escala` apresenta uma relação de tamanho ou proporção com o dado representado, dependendo da análise a escala de trabalho escolhida pode ser caracterizada com regional (área de interesse), nacional (na escala do estado), local (escala de bairro), entre outras. As escalas também são associadas com a área mínima de estudo que são informadas em quilômetros quadrados. Além

disso, elas informam propriamente a escala que é um tipo de proporção como em 1:5.000 a 1:15.000.

O Meio físico é o ambiente que sofre ações de agentes naturais e humanos é onde as pessoas constroem e tiram as matérias para construir. Alguns exemplos de meios físicos são: a geomorfologia, a hidrografia, a ocupação humana.

A Informação Geomorfológica se refere às formas da superfície terrestre, e aos dados relativos ao meio físico, algumas informações dessas são a unidade de terreno, o mapa de declividades, a litologia e o mapa de uso do solo.

Com as classes e suas propriedades e relacionamentos definidos foram criadas instâncias dos conceitos apresentados. Essas instâncias representam dados reais da base de conhecimento, ou seja, os dados mencionados como exemplo em cada conceito seriam instâncias do conceito.

4.5. Plataforma Orientada a Objetos

Na construção da Plataforma Orientada a Objetos foram tomadas algumas medidas para que a implementação não fosse meramente um estilo de programação do desenvolvedor. Para isso, foram adotados diversos Padrões de Software, visto que, são soluções testadas e comprovadas para problemas recorrentes (GAMMA, 2000).

Na criação de *features* para a plataforma foi selecionado o padrão arquitetural MVC (BUSCHMAN, 1996), motivado pela separação de conceitos bem determinados na plataforma. Esses conceitos se referem a uma camada de visualização da *feature*, uma camada de tratamento de eventos da camada de visualização e uma camada de serviços fornecidos pela *feature*. Essa separação foi realizada com a finalidade de aumentar a coesão do sistema e facilitar futuras manutenções.

Para a implementação desse padrão foi utilizado o padrão de projeto Observer (GAMMA, 2000). O padrão Observer foi utilizado na implementação do MVC, pois os dois padrões têm diversos pontos em comum. Além disso, o Observer define explicitamente uma classe abstrata Subject (ou Observable), que implementa métodos que o modelo deveria possuir. Dessa forma, o modelo não precisa implementar esses métodos, basta o modelo generalizar a classe abstrata.

4.5.1.Arquitetura

A arquitetura da plataforma orientada a objetos pode ser vista na Figura 16. Como dito anteriormente, essa arquitetura utiliza o padrão arquitetural MVC (BUSCHMAN, 1996) para dar suporte à implementação das *features* da plataforma. O *Módulo Visão* oferece ferramentas para a criação de interfaces gráficas para usuário como a inicialização da interface gráfica e apresentação do nome e da descrição do modelo para o usuário. Além disso, esse módulo se encarrega de se comunicar com o *módulo Swing* que lida com a renderização dos mapas na interface.

O *Módulo Controle* captura os eventos gerados pelo *Módulo Visão* e os trata. Essa ação inclui conversão de dados, acesso aos dados das camadas, leitura de dados no disco rígido, entre outros. Com os dados devidamente tratados o *Módulo Controle* faz as devidas requisições para o *Módulo Modelo*.

O *Módulo Modelo* é encarregado de receber solicitações e fazer operações necessárias para responder as solicitações. Com as operações finalizadas os observadores do modelo são notificados. Nessa arquitetura o *Módulo Visão* é um observador. Com a notificação o *Módulo Visão* recupera a resposta do modelo e apresenta para o usuário.

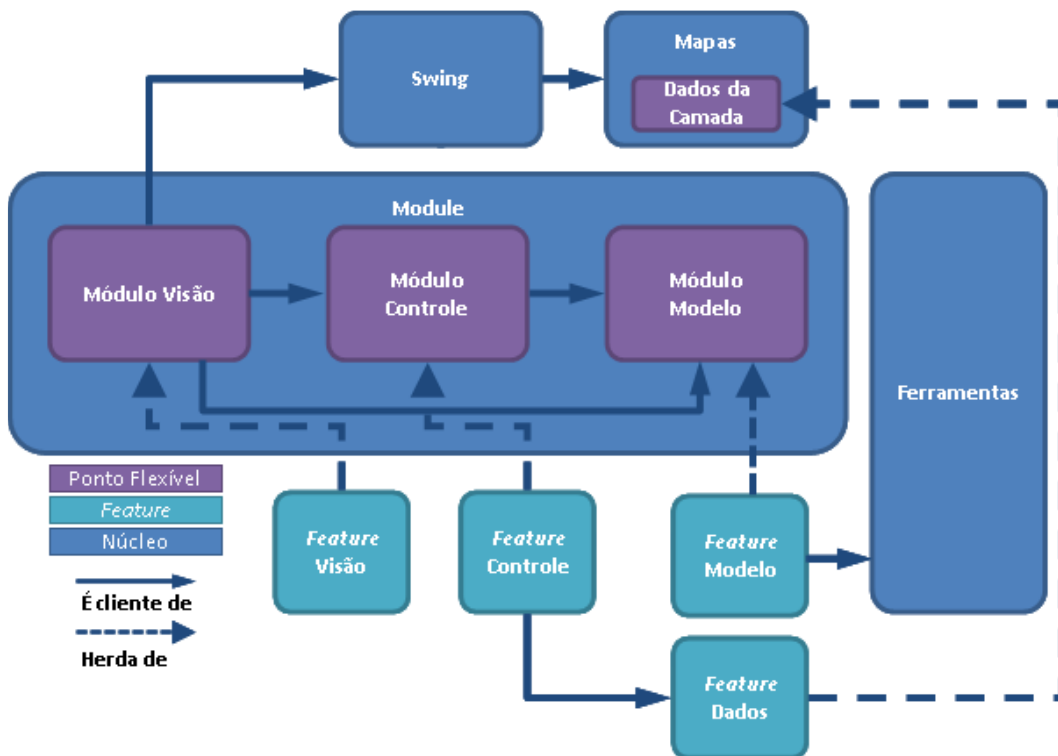


Figura 16 - Arquitetura da plataforma OO

As *features* da plataforma devem *estender* os módulos descritos acima. A *Feature Visão* deve desenhar a interface de usuário para a *feature*. A *Feature Controle* deve capturar os eventos da interface desenhada e fazer as operações necessárias nesses eventos. A *Feature Dados* deve *estender* o *hotspot* *Dados da Camada* e adicionar dados que sejam necessários para a *feature* e que não são englobados na plataforma. A *Feature Modelo* deve fornecer a implementação dos serviços oferecidos pelos modelos ou funcionalidades adicionados na plataforma, eventualmente essa *feature* pode utilizar as ferramentas fornecidas pela plataforma.

4.6. Plataforma Orientada a Agentes

Na plataforma orientada a agentes não é utilizado o modelo MVC, ao invés disso, foi usado um agente de interface que cuida de receber os estímulos do usuário. De acordo com cada estímulo o agente faz os devidos tratamentos de dados, pode requisitar os cálculos para os agentes especialistas, o agente também pode receber as respostas e apresentar adequadamente os dados para os usuários. Outro agente utilizado é o agente especialista do modelo, que pode receber requisições de agentes de interface, fazer os devidos cálculos de susceptibilidade e responder para o agente de interface.

Nesse modelo, o agente de interface ficou com os papéis *Visão* e *Controle* e o agente especialista ficou com o papel *Modelo* do modelo MVC. Dessa forma, seguindo as recomendações de implementação do JADE (2002), o agente de interface passou a ter uma referência para interface gráfica do usuário (GUI). Essa GUI posta os eventos de interface gráfica, o agente recebe esses eventos e faz os tratamentos adequados. Os tratamentos mais utilizados foram a adição de um *behaviour* para manipular os parâmetros e um iniciador de um protocolo de comunicação do JADE para atingir um efeito racional.

4.6.1. Arquitetura

A arquitetura orientada a agentes pode ser vista na Figura 17. Como dito anteriormente a implementação da arquitetura OA foi baseada nas recomendações e exemplos apresentados em (JADE, 2002). Com essa medida é esperado minimizar efeitos de implementações ineficientes e que não violem padrões de desenvolvimento de agentes de software.

Como pode ser visto na figura que segue, os agentes são representados por círculos o *Agente de Interface* é o ponto flexível responsável por fornecer um ferramental para a criação e gerenciamento da interface de usuário. Esse agente *extende* a classe *GuiAgent* de JADE e *acessa* o *Módulo de Interface Gráfica de Usuário (IGU)*. Essa extensão é feita, pois em Java interfaces de usuário rodam na sua própria *thread*, esse fato facilita serem gerados eventos rapidamente a partir da interação do usuário, entretanto agentes rodam na própria *thread* de controle. Computacionalmente não é eficiente fazer uma *thread* chamar métodos de outra *thread* diretamente. Assim, JADE fornece um mecanismo baseado em eventos para gerenciar as interações entre as duas *threads*.

O *Módulo IGU* é o responsável efetivo pelo desenho da interface de usuário em Java. O *Agente de Interface* basicamente se encarrega de gerenciar esse módulo através do mecanismo criado pelo framework JADE.

O *Agente de Serviço* é encarregado de receber solicitações geradas pelo *Agente de Interface* e fazer operações necessárias para responder as solicitações. Com as operações finalizadas o *Agente de Serviço* cria uma mensagem de resposta para o *Agente de Interface* e envia. Dessa forma, o *Agente de Interface* recebe a resposta e apresenta para o usuário usando o *Módulo IGU*.

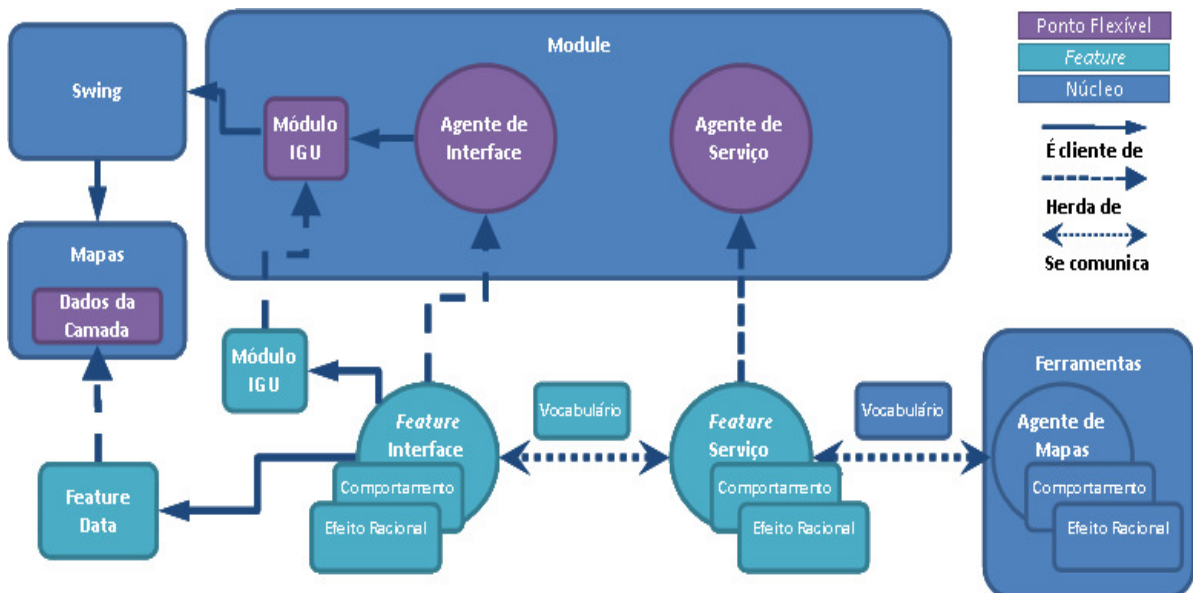


Figura 17 - Arquitetura da plataforma OA

As *features* da plataforma devem *estender* os módulos e os agentes descritos acima. Os agentes devem possuir comportamentos e protocolos de interação. Os comportamentos e protocolos representam tarefas que os agentes devem cumprir. Os protocolos de interação são um tipo especial de tarefa no

qual seguem regras específicas para que uma comunicação entre agentes seja bem sucedida e atinja um efeito racional. Os comportamentos podem ser implementados *estendendo* a classe `Behaviour` de JADE ou suas subclasses. Os protocolos de interação podem ser desenvolvidos utilizando os padrões de comunicação descritos no guia de programação de JADE em (JADE, 2002).

A *feature Interface* é um agente com diversas responsabilidades. Em primeiro lugar, o agente deve criar e gerenciar o `Módulo IGU` que é responsável por desenhar a interface de usuário para a *feature*. Além disso, o agente de Interface trata dos eventos gerados pela interface e requisita serviços da *feature Serviço*. Como dito anteriormente, esse agente realiza os papéis de Visão e Controle do modelo MVC, como pode ser visto na Figura 18.

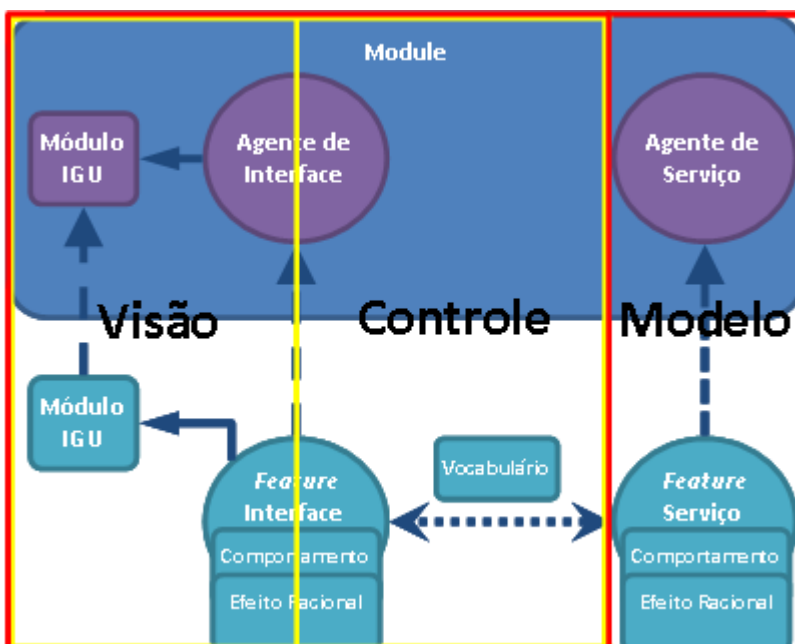


Figura 18 - Arquitetura OO/SMA

A *Feature Serviço* é responsável por receber pedidos de serviços em forma de mensagens de outros agentes. Eventualmente essa *feature* pode utilizar as ferramentas fornecidas pela plataforma e se comunicar com o *Agente de Mapas*. Esse agente fornece serviços para cálculos em mapas. Na versão OO o *Agente de Mapas* é representada por uma classe Singleton (GAMMA, 2000) que fornece as mesmas funcionalidades fornecidas pelo *Agente de Mapas*.

Na comunicação entre os agentes é utilizado um recurso utilizado no guia de programação de JADE em (JADE, 2002). Como pode ser visto na Figura 17 o item **Vocabulário** aparece em cima de cada comunicação entre agentes. O **Vocabulário** é uma linguagem conhecida entre os dois agentes, dessa forma os agentes podem compreender com mais facilidade o que um agente envia em

uma mensagem. Uma alternativa à utilização do Vocabulário é o uso de ontologias como pode ser visualizado no item 4.4.2.1 do agente especialista.