

# **OBSERVATÓRIO DE VALORES**



**Brasília-DF**

**Abr/2022**

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>4</b>
<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
<b>OBSERVATÓRIO DE VALORES (MÓDULO PVG)</b>	<b>8</b>
<b>Camadas Específicas</b>	<b>8</b>
Geoestatística	8
Regressão Múltipla	11
Representação da Planta de Valores	13
Avaliação de Terreno e Construção	15
Zona de Ajuste	19
Zoneamento Plano Diretor	21
<b>Análise de Dados</b>	<b>21</b>
Histograma	22
Gráfico de Dispersão	23
Curva de Nível	25
Regressão Linear Múltipla	27
<b>Regressão Espacial</b>	<b>32</b>
Variograma	33
Interpolação	36
Representação de Valores	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 - Criar Camada Geoestatística	8
Figura 02 - Formulário: Geoestatística	9
Figura 03 - Conversão: Genérica para Geoestatística	10
Figura 04 - Criar Camada Regressão Múltipla	11
Figura 05 - Formulário: Regressão Múltipla	11
Figura 06 - Conversão: Regressão Múltipla	12
Figura 07 - Criar Camada Representação de Planta de Valores	13
Figura 08 - Formulário: Representação de Planta de Valores	13
Figura 09 - Conversão: Representação de Planta de Valores	14
Figura 10 - Criar Camada Avaliação de Terreno e Construção	15
Figura 11 - Formulário: Avaliação de Terreno e Construção	15
Figura 12 - Conversão: Avaliação de Terreno e Construção	16
Figura 13 - Fórmulas e Fatores de Avaliação de Imóveis	17
Figura 14 - Disposição via Portal de Avaliação de Imóveis	17
Figura 15 - Conversão: Zona de Ajuste	18
Figura 16 - Formulário: Zona de Ajuste	19
Figura 17 - Definindo Zona de Ajuste	19
Figura 18 - Conversão: Zona Plano Diretor	20
Figura 19 - Acessar Histograma	21
Figura 20 - Análise de Histograma	22
Figura 21 - Acessar Gráfico de Dispersão	23
Figura 22 - Análise de Dispersão	24
Figura 23 - Acessando Curva de Nível	25

Figura 24 - Aplicação da Curva de Nível	25
Figura 25 - Painel de Regressão Linear Múltipla	27
Figura 26 - Seleção de Campos para RLM	27
Figura 27 - Definição de Variáveis: Dependente e Independentes	28
Figura 28 - Pós-Processamento RLM	28
Figura 29 - Pré-Visualização da Fórmula RLM	29
Figura 30 - Relatório das Interações entre as variáveis	30
Figura 31 - Relatório das Interações entre as variáveis	31
Figura 32 - Painel de Regressão Linear Múltipla	32
Figura 33 - Propriedades do Semivariograma	33
Figura 34 - Modelagem do Semivariograma	34
Figura 35 - Validação de Amostras no Variograma	35
Figura 36 - Método IDW	36
Figura 37 - Método TIN	36
Figura 38 - Krigagem: Interpolação das Amostras	38
Figura 39 - Matriz de Valores (Variograma) e Desvio Padrão	39
Figura 40 - Tipos de Representação de Valores	40
Figura 41 - Configuração para Representação de Valores	40
Figura 42 - Interseção e Representação de Valores	41
Figura 43 - Portal de Valores	41

## 1. APRESENTAÇÃO

Com os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas tornaram-se disponíveis ferramentas e ambientes de trabalho com os quais o gerenciamento de informações espaciais ganharam uma nova dimensão. Além da praticidade de visualização e consulta de dados, foram aperfeiçoados os métodos de produção e de tratamento de dados através de procedimentos e técnicas inter-relacionadas, onde as fronteiras da ciência da computação e da ciência cartográfica se tornaram mais tênues, em proveito de aplicações em inúmeras áreas, tais como Cadastros Técnicos Multifinalitários (CTM), Fiscalização e Monitoramento Ambiental, Documentação de Projetos de Engenharia, Planejamento Urbano, Administração de Empreendimentos Industriais, Gestão Municipal e entre muitas outras.

A implantação e manutenção de um sistema de geoprocessamento que integre todas as secretarias municipais de forma autônoma e dinâmica compreende não apenas numa ferramenta essencial para a gestão municipal como um instrumento de redução da evasão fiscal e transparência das informações tributárias e de planejamento territorial.

Neste contexto uma solução integrada exige não somente uma plataforma para o tratamento das informações territoriais como um conjunto de ferramentas com funcionalidades para a coleta, processamento, cálculos e disponibilização dos dados para a geração de relatórios e consultas para os contribuintes.

A solução corporativa deve atender a atualização e manutenção dos registros gráficos e descritivos dos imóveis, os mapas de gestão territorial e planejamento urbano como o zoneamento do plano diretor municipal, o mapa de referência fiscal para a tributação imobiliária, representado pela planta de valores genéricos e demais mapas setoriais que compõe o cadastro técnico multifinalitário municipal.

Esse conjunto de informações integrados numa plataforma para a consulta e manutenção sistemática e contínua permite aos técnicos e gestores municipais melhorar a eficiência da tributação, da tomada das decisões de gestão e da economia de recursos públicos através da automação dos processos e da disponibilização de serviços na internet.

Nessa perspectiva, a Topocart passou a desenvolver o Geo360, um Sistema de Informações Geográficas (SIG) executado na Web que viabiliza a disseminação das informações espaciais no âmbito das organizações, ao mesmo tempo em que oferece uma gama de recursos para obtenção de informações para emprego operacional, para tomada de decisão e para intercâmbio com outras plataformas. Garantindo assim, ao município, uma gestão de maior eficiência.

## 2. OBJETIVOS

Este material têm por objetivo:

1 - Apresentar e descrever de forma prática o Observatório de Valores que compõem o sistema Geo360. Bem como, as ferramentas e camadas específicas que interagem dentro desse módulo.

## 3. OBSERVATÓRIO DE VALORES (MÓDULO PVG)

A Planta de Valores Genérico (PVG) é o método que possibilita a obtenção dos valores venais dos imóveis urbanos do município a partir da avaliação individual de cada propriedade e servindo de base para cálculo de impostos como IPTU, ITBI e Contribuição de Melhorias. Sendo assim, um instrumento essencial para o município cobrar dos contribuintes o valor justo sobre a propriedade.

O Geo360 possui uma miscelânea de ferramentas voltadas à geoestatística e análise de dados que auxiliam de forma efetiva na atualização e manutenção da Planta de Valores (PVG).

O Módulo também dispõe de camadas específicas que são direcionadas às interações matemáticas do sistema conforme a sua finalidade. Entre elas temos as amostras de raspagem que auxiliam na homogeneização dos dados referente ao valor do m<sup>2</sup> dos terrenos e construções; Camadas de avaliação de terreno e imóveis onde são destinadas as fórmulas para base de cálculo provindas das interações de geoestatísticas; Domínio geográfico onde se define as áreas com interações distintas entre si devido às características únicas de um região; E as zonas de ajustes que possibilitam depreciar ou valorizar regiões conforme o plano diretor e zoneamento do município.

### 3.1 Camadas Específicas

Cada camada específica possui uma singularidade em sua composição. Algumas necessitam dispor de campos específicos em sua constituição para realizar certas operações; outras são convertidas de forma simples em camadas específicas, gerando campos automáticos a serem preenchidos posteriormente para haver qualquer tipo de interação matemática entre os dados.

### 3.1.1. Geoestatística

São camadas com propósitos específicos de interação de dados espaciais. Elas possuem campos destinados às operações matemáticas do sistema, como o método de Krigagem aplicado a um variograma.

Para criar uma camada geoestatística basta ir em **Adicionar Dados** e clicar em **Nova Camada**.

Ao abrir a aba de nova camada, digite o nome da camada e selecione o tipo como **Geoestatística**. Deixe a opção **Criar Formulário** ativa. Com isso, o sistema irá criar automaticamente os campos necessários para a camada.

Após criar a camada, consulte os campos padrão que foram adicionados à camada. Conforme ilustrado na **Figura 02**.

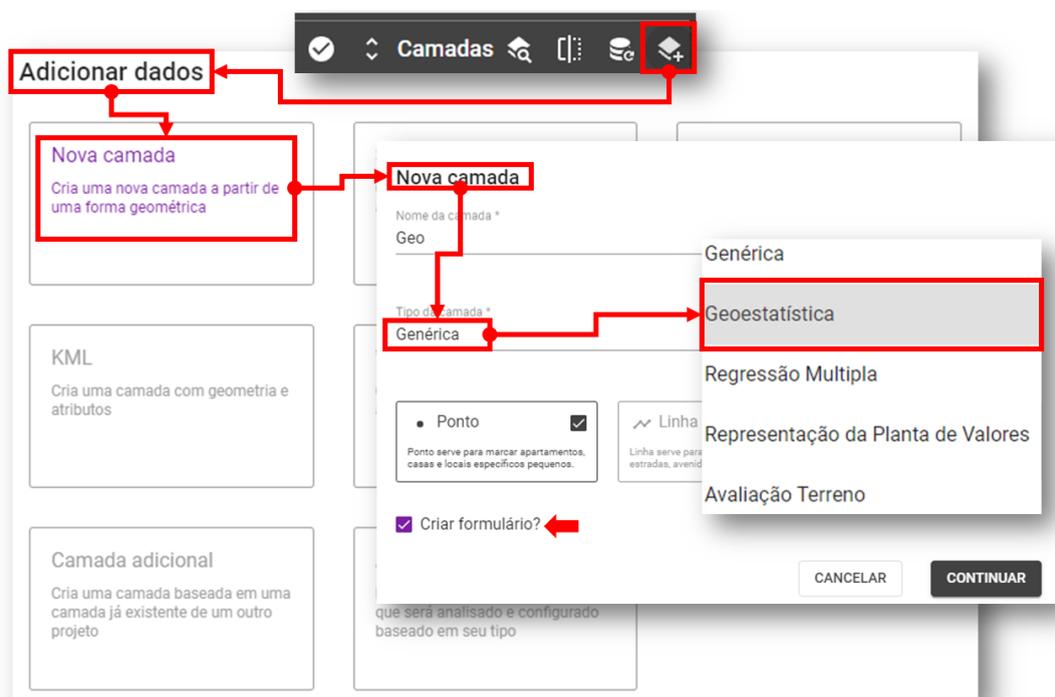


Figura 01 - Criar Camada Geoestatística

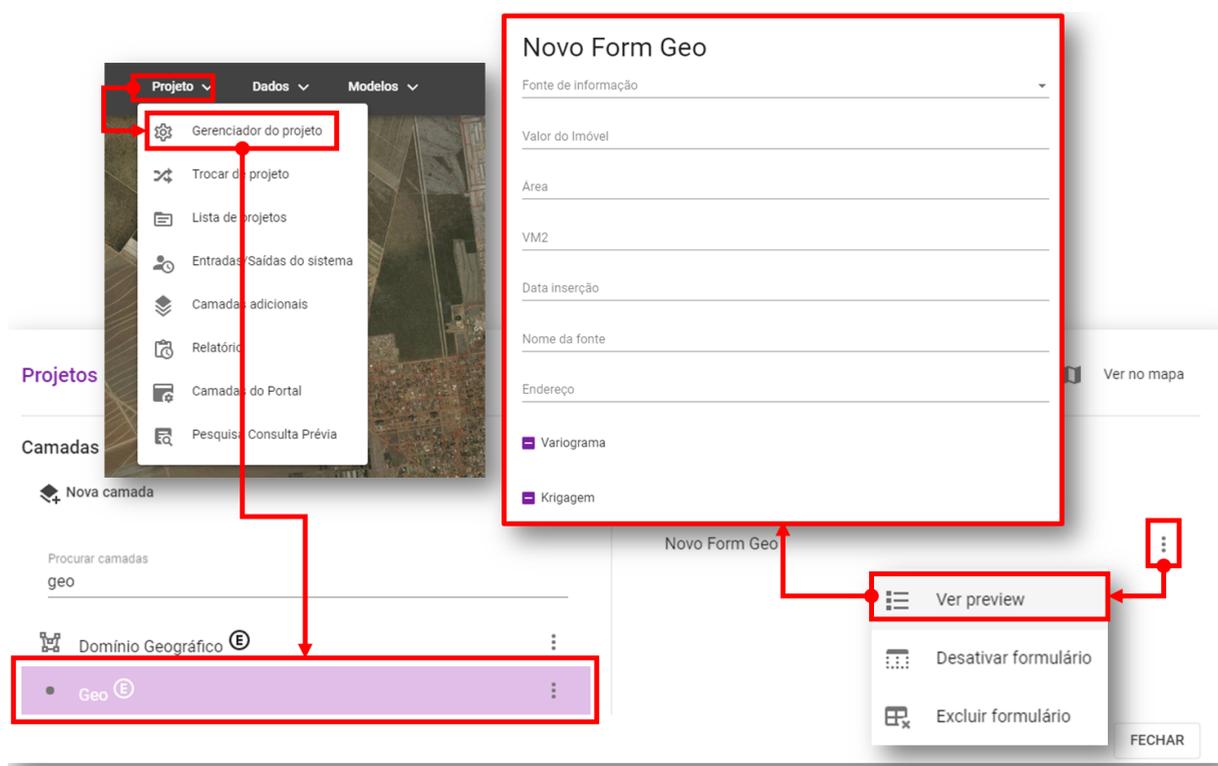


Figura 02 - Formulário: Geoestatística

Possuindo uma camada genérica é possível transformá-la em uma camada específica. Clicando nas opções da camada e depois em **Tipo**, tem-se diversas opções de transformação.

Após selecionar a opção **Geoestatística**, será aberta a aba de conversão do tipo de camada. Vale ressaltar que para a transformação de camada genérica para geoestatística é necessário a existência de formulário e os seguintes campos: Valor (Numérico Decimal), Área (Numérico Decimal) e VM2 (Numérico Decimal).

Existindo esses campos em formulário, basta direcionar aos devidos lugares (orientados no painel), conforme a imagem a seguir.

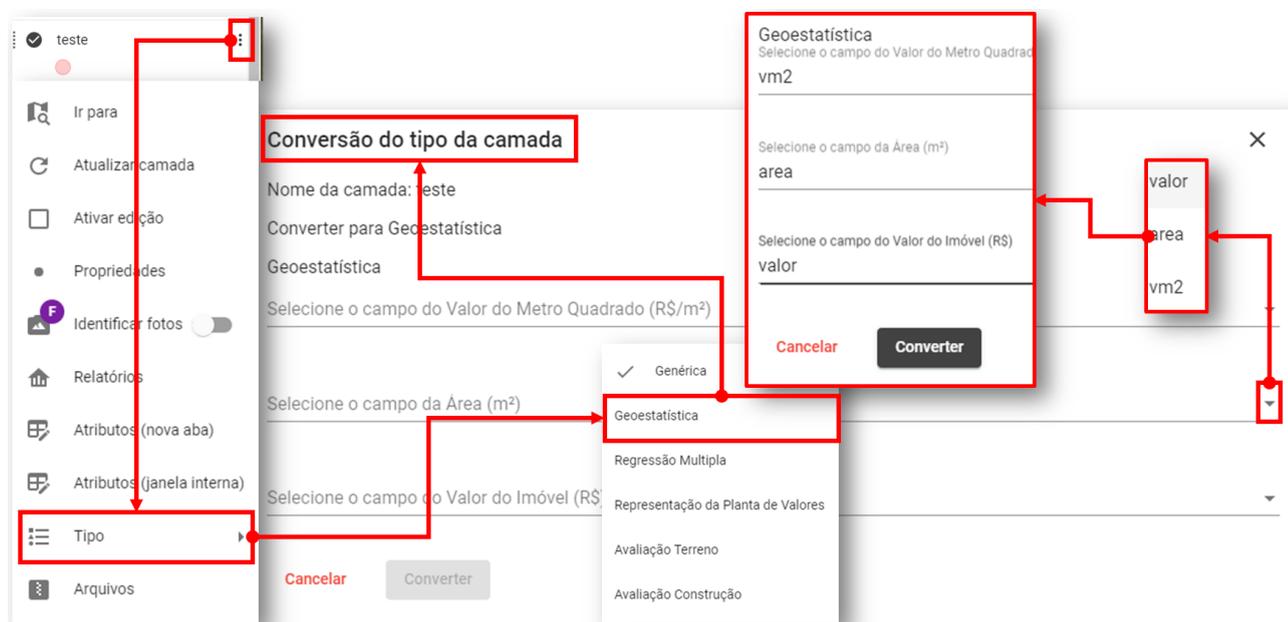


Figura 03 - Conversão: Genérica para Geoestatística

### 3.1.2. Regressão Múltipla

As camadas do tipo **Regressão Múltipla** estão habilitadas à interação de **Regressão Linear Múltipla**. Esse modelo matemático analisa a correlação entre os campos dispostos na camada. Porém, o assunto será abordado mais à frente, no tópico **3.2.4**.

Diferente da camada geoestatística, a camada de regressão múltipla não permite outra geometria a não ser do tipo **Ponto**. E na hora de criar, também não é fornecido a opção de criar formulário. Entretanto, o sistema cria automaticamente conforme a **Figura 05**.

Quanto à conversão, a camada genérica deve ser constituída por geometria tipo **Ponto** e possuir um formulário. Atendendo a esses critérios, na caixa de diálogo, não será necessário orientar campos específicos. Sendo assim, basta clicar em converter e o sistema ajustará e criará os campos necessários para a camada.

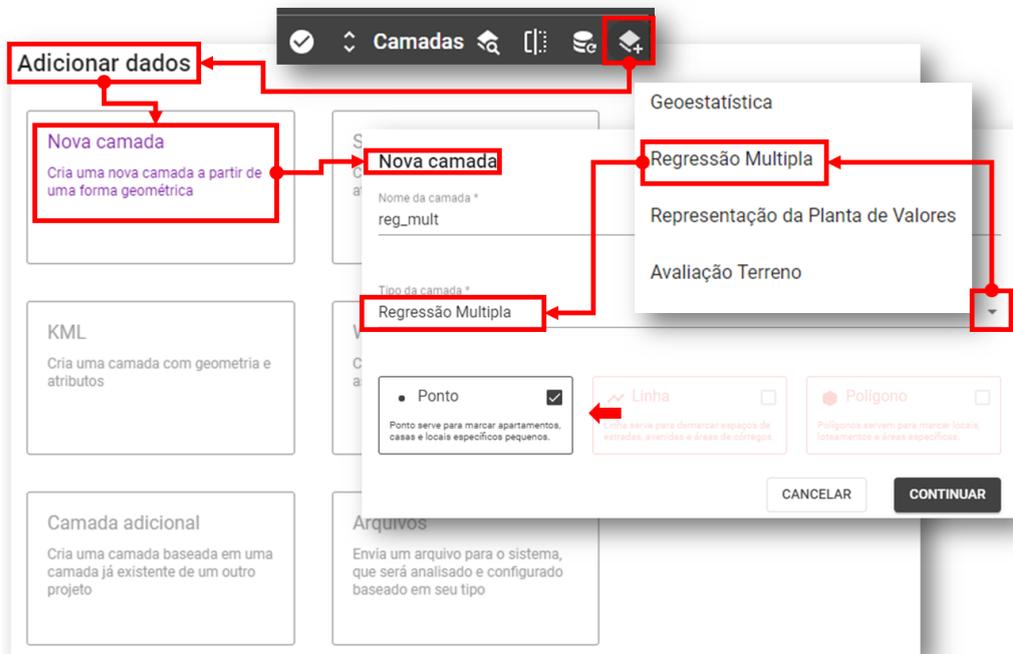


Figura 04 - Criar Camada Regressão Múltipla

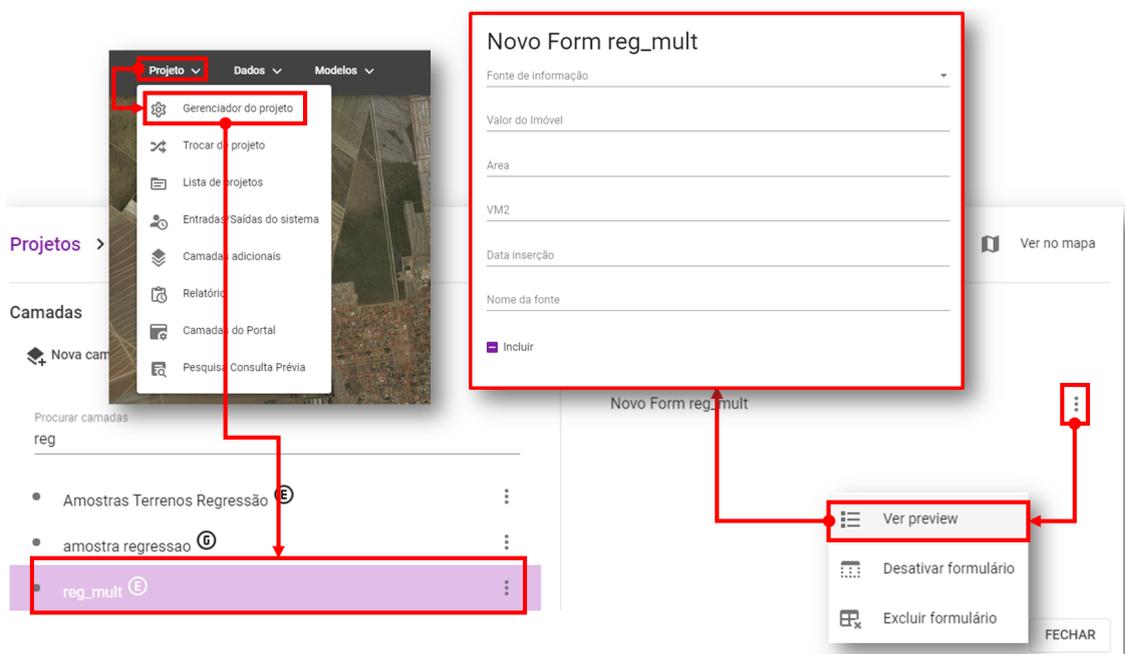


Figura 05 - Formulário: Regressão Múltipla

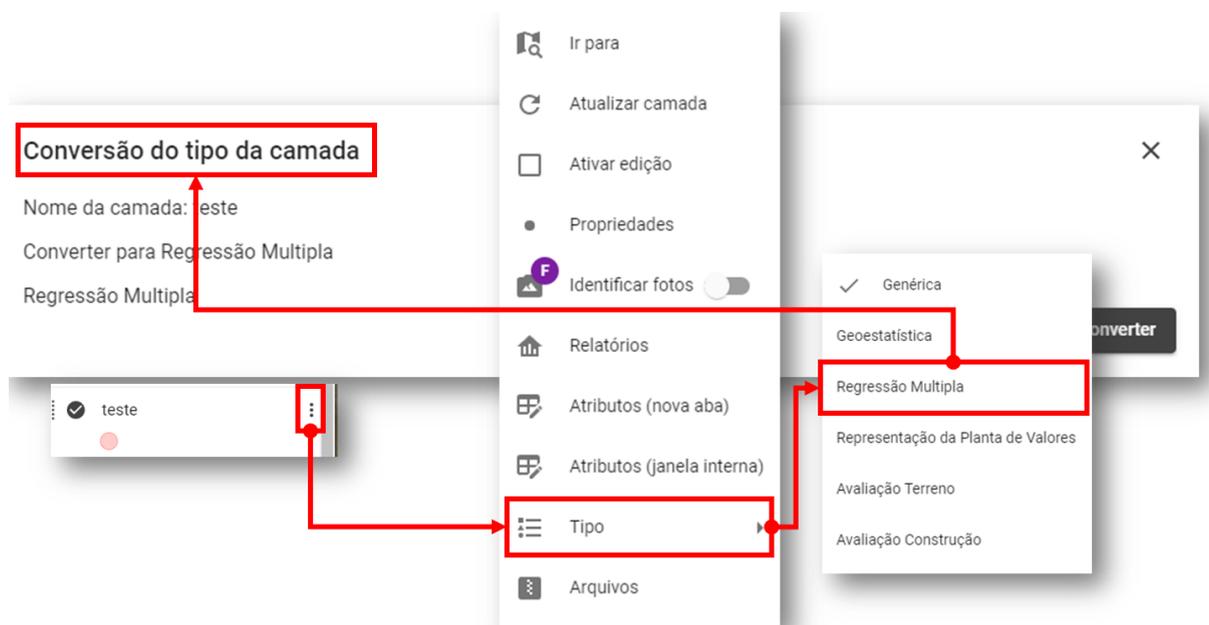


Figura 06 - Conversão: Regressão Múltipla

### 3.1.3. Representação da Planta de Valores

A finalidade dessa camada, assim como o nome sugere, é representar o valor do  $m^2$  de uma determinada região através de sua geometria e interpolação com a matriz de valores gerada no sistema. O detalhamento do processo e disposição final será abordado no tópico 3.3.3.

Seguindo os mesmos passos realizados anteriormente para adição de uma nova camada, selecionamos o tipo Representação de Planta de Valores.

Ao se criar a camada é gerado automaticamente os campos específicos da camada. Entre eles o valor do  $m^2$  corrigido (VM2 COR) e fator de corredor, conforme a Figura 08.

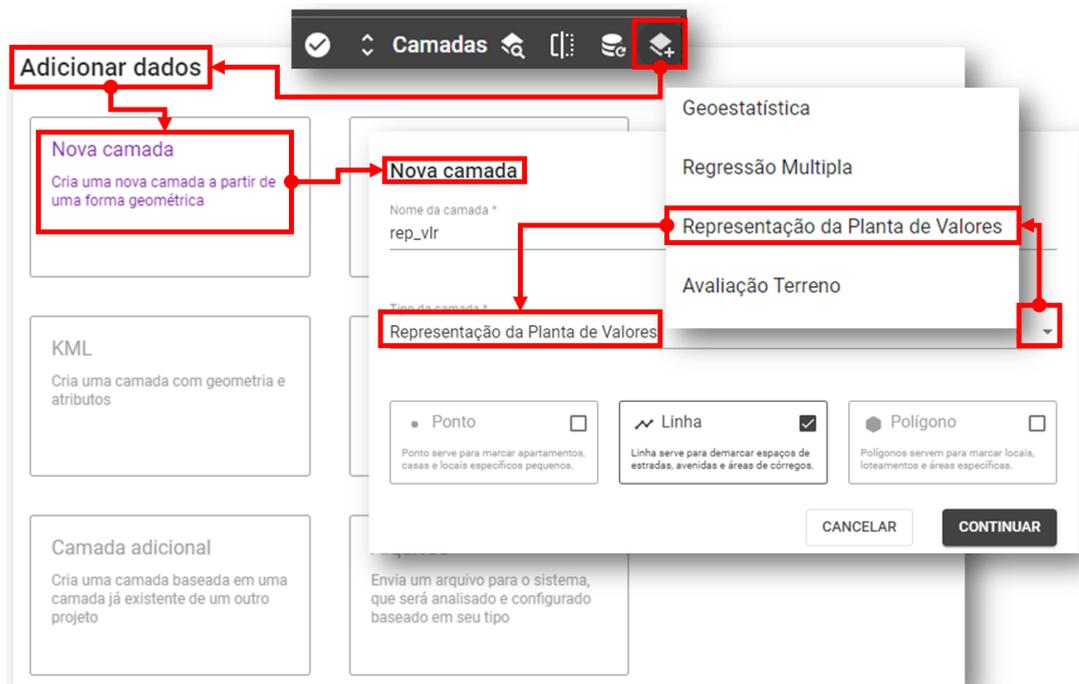


Figura 07 - Criar Camada Representação de Planta de Valores

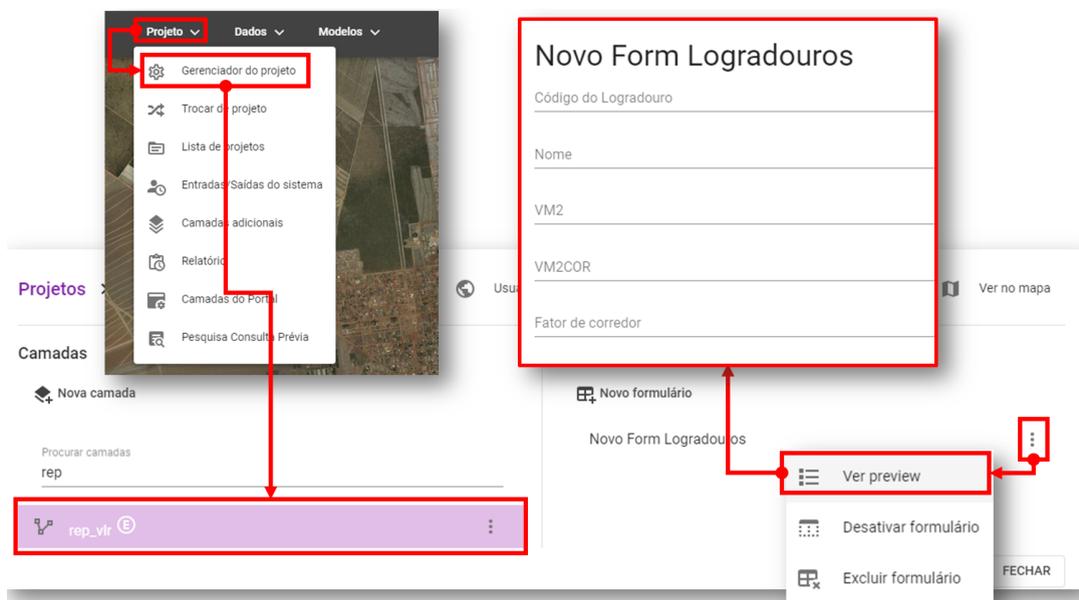


Figura 08 - Formulário: Representação de Planta de Valores

Na parte de conversão, é solicitado dois campos: valor do m<sup>2</sup> e fator de corredor. Porém, diferente da camada genérica, os campos não são obrigatórios. Necessita apenas da existência de um formulário atrelado à camada para que o sistema, automaticamente, crie os campos necessários.

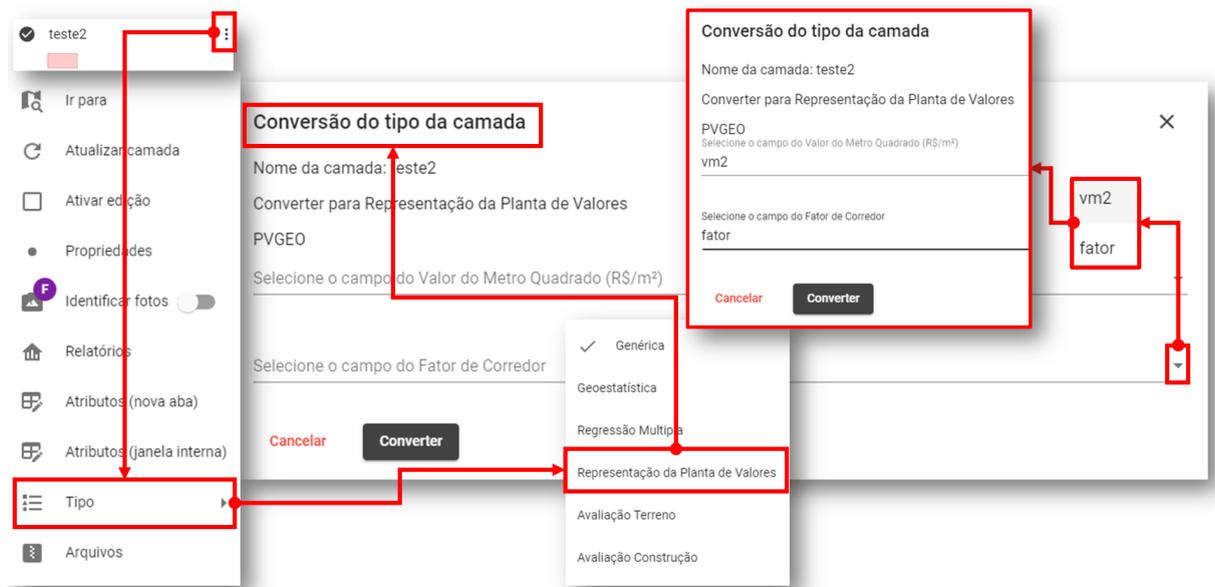


Figura 09 - Conversão: Representação de Planta de Valores

### 3.1.4. Avaliação de Terreno e Construção

Como o próprio nome sugere, as camadas do tipo Avaliação apresentam parâmetros que auxiliam na definição de valores de uma benfeitoria.

De maneira análoga aos itens anteriores, para criar uma nova camada basta ir em **Adicionar Dados** e clicar em **Nova Camada**. Em seguida, selecione o tipo Avaliação, seja terreno ou construção.

Note que, similar a camada de regressão múltipla, será possível adicionar somente geometria tipo **Ponto** para essa camada específica.

Também é visível uma sutil alteração na nomenclatura dos campos de formulário, sendo eles: VM2COR (Terreno) com VM2\_CONSTRUIDO (Construção) e Avaliação do Imóvel (Terreno) com Avaliação Total do Imóvel (Construção). Conforme exposto na **Figura 11**.

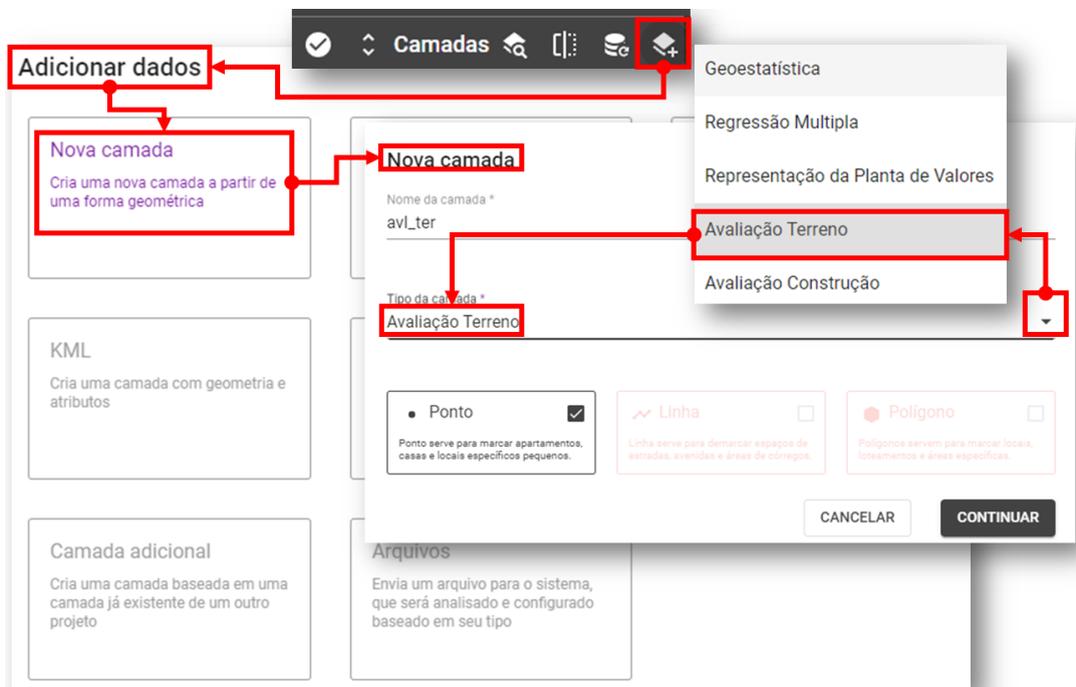


Figura 10 - Criar Camada Avaliação de Terreno e Construção

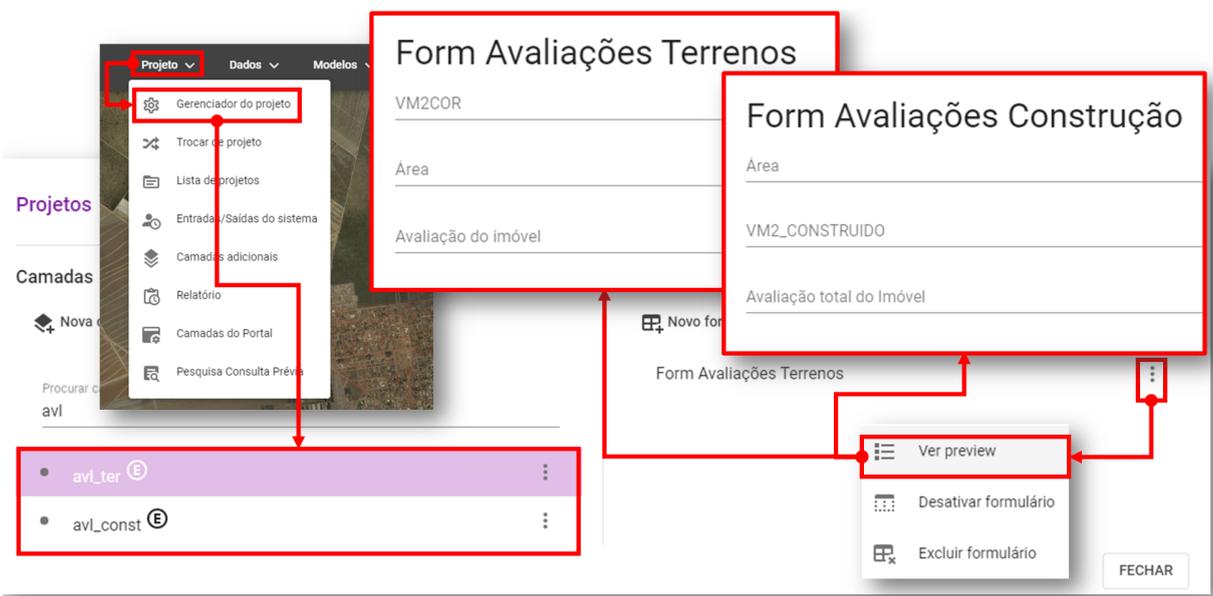


Figura 11 - Formulário: Avaliação de Terreno e Construção

Para converter uma camada Genérica em Avaliação de Terreno e Construção não necessita de um formulário junto à ela. Logo, é possível fazer uma transformação direta e posteriormente criar os campos que julgar necessários.

Por precaução, é aconselhável seguir o padrão de campos criado pelo o sistema, de acordo com a **Figura 11** mostrada anteriormente.

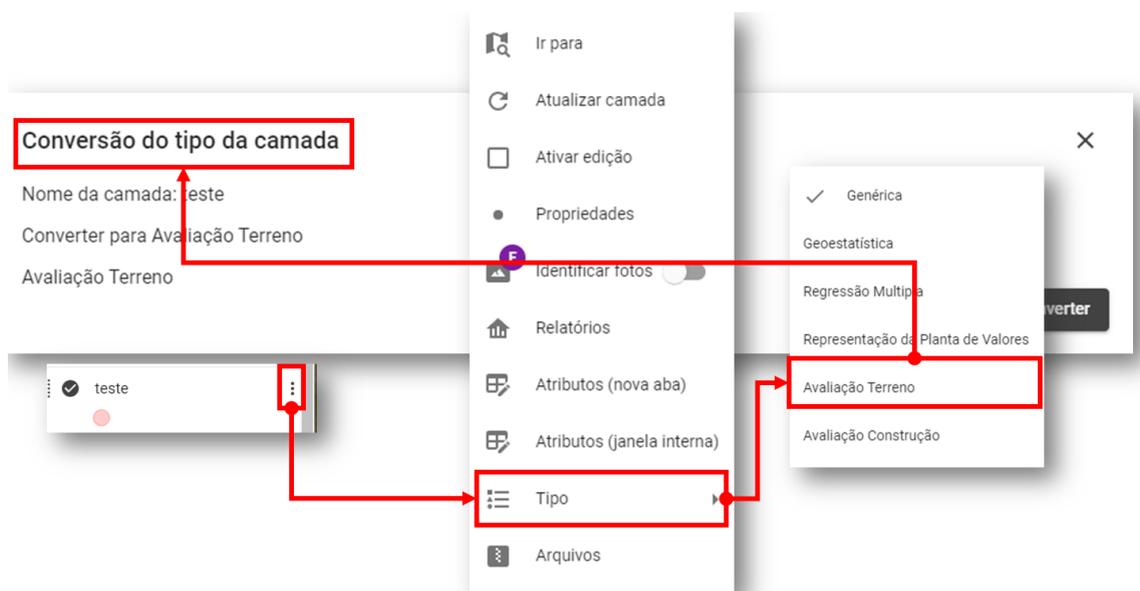


Figura 12 - Conversão: Avaliação de Terreno e Construção

Outro diferencial das camadas de Avaliação é o incremento da ferramenta **Fórmulas**. Nessa aba o usuário pode definir fórmulas a partir dos campos existentes na camada. Bem como, definir fatores de cada item.

Cabe ressaltar que para se declarar um fator, seja de majoração ou de minoração, é necessário o campo ser do tipo **Lista**.

Conforme a imagem abaixo, é possível aplicar diversos valores (peso) conforme a quantidade de itens em lista. O ideal é sempre seguir valores com referência técnica como o Custo Unitário Básico (CUB) para fins legais de tributação.

Aplicando as fórmulas e os parâmetros de forma adequada é possível obter o valor do terreno e imóvel de uma determinada região. Ao acessar o portal do observatório, a aba interativa de avaliação permite ao usuário realizar consultas de valores. Brevemente ilustrado na **Figura 43**.

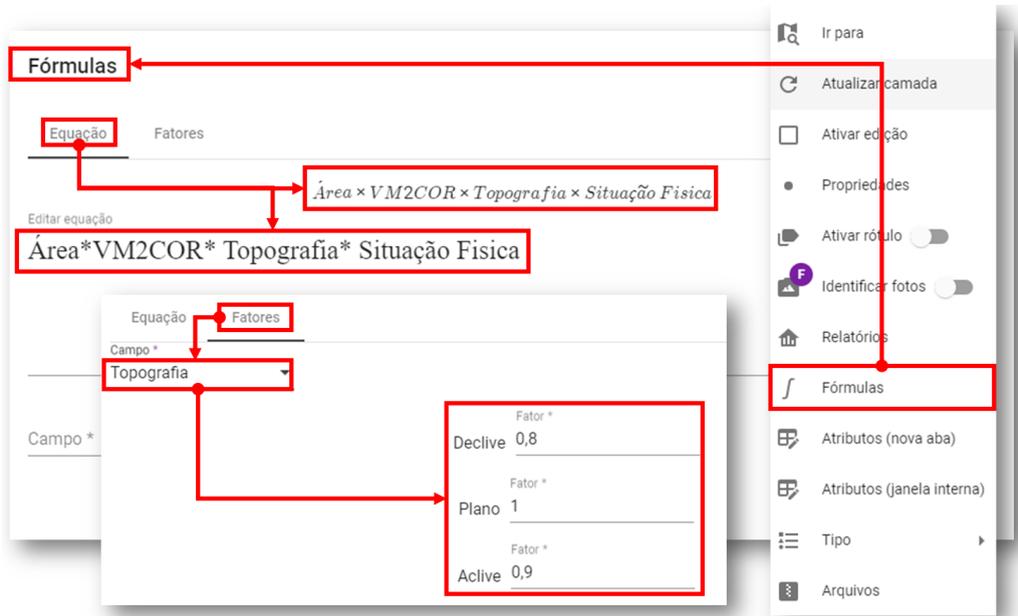


Figura 13 - Fórmulas e Fatores de Avaliação de Imóveis



Figura 14 - Disposição via Portal de Avaliação de Imóveis

### 3.1.5. Zona de Ajuste

As camadas do tipo Zona de Ajuste são destinadas às áreas que influenciam de forma positiva ou negativa uma região específica. Ou seja, auxiliam na gestão e controle das áreas de interesse municipal ao longo do tempo.

O sistema permite declarar uma zona de ajuste a partir de uma camada genérica existente. E essa camada deve possuir um formulário com um campo numérico decimal para direcioná-lo como campo de Fator de Ajuste.

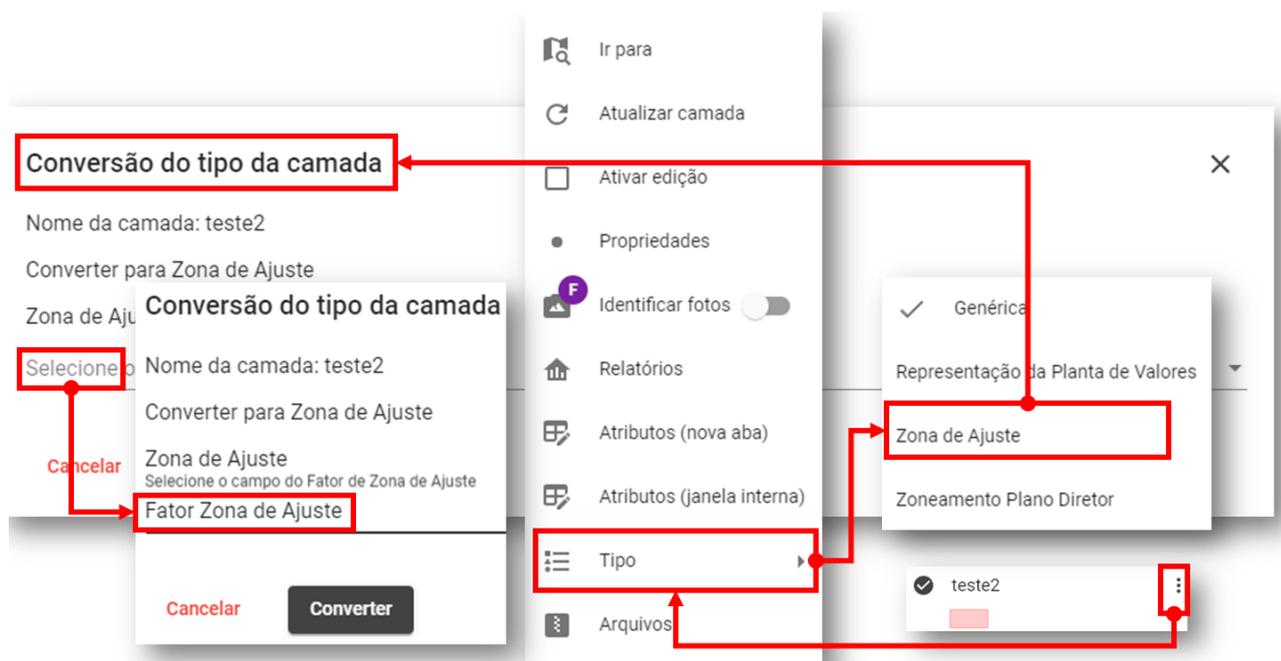


Figura 15 - Conversão: Zona de Ajuste

No exemplo acima, foi direcionado o campo **Fator Zona Ajuste** para conversão. Após clicar em converter e acessar o formulário da camada, nota-se que foi criado o campo padrão **Ajuste**. Ele é um campo descritivo e possui três itens: Polo de Desvalorização, Polo de Valorização e Vulnerabilidade Ambiental.

Geralmente, um município pode apresentar mais de três itens que possam vir a descrever o comportamento de uma zona de ajuste. Nesse caso, cabe ao usuário acessar o formulário da camada e acrescentar mais itens à lista.

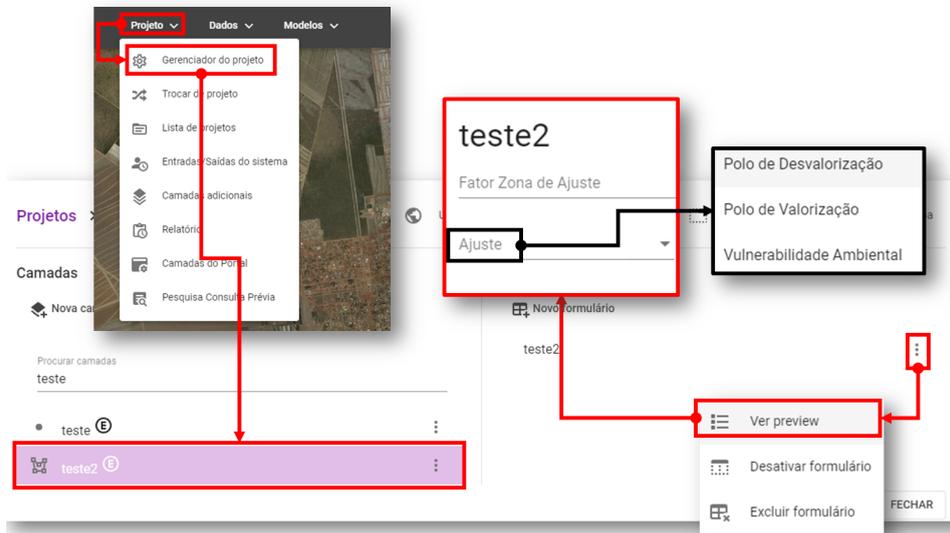


Figura 16 - Formulário: Zona de Ajuste

Definindo a camada Zona de Ajuste, o usuário pode delimitar ou apontar regiões de interesse e ponderá-las aos critérios municipais de valorização ou desvalorização.



Figura 17 - Definindo Zona de Ajuste

### 3.1.6. Zoneamento Plano Diretor

Semelhante às camadas de Zona de Ajuste, as tipo Zoneamento Plano Diretor auxiliam na definição de áreas de influência e interesse municipal. Através da definição dessas áreas (zonas), é possível direcionar critérios de ocupação de solo em uma determinada região e organizar, de forma efetiva, o desenvolvimento urbano do município.

A diferença entre elas é que a do tipo Zoneamento Plano Diretor não possui fator de ajuste, ou seja, não atribui peso de valorização ou desvalorização à uma região. Porém, pode servir de diretriz para delimitar e definir áreas de Zona de Ajuste através de um padrão de ocupação urbana.

O sistema permite declarar uma camada de zoneamento a partir de uma camada genérica existente. Essa camada genérica deve possuir um formulário, porém não há critério quanto a necessidade de um campo específico.

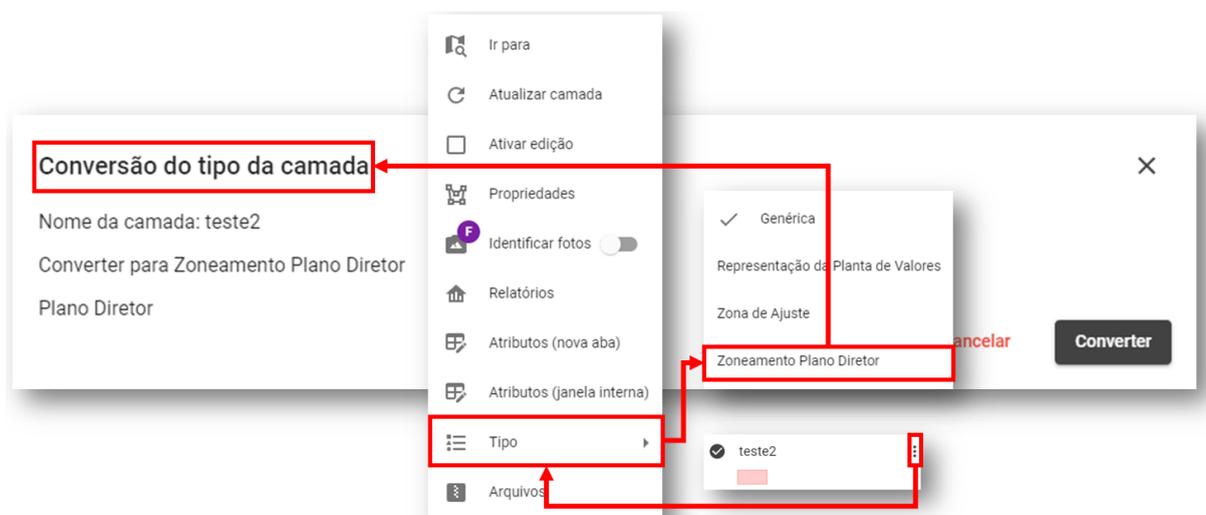


Figura 18 - Conversão: Zona Plano Diretor

## 3.2 Análise de Dados

Através do Módulo de Planta de Valores (Observatório), é possível ter acesso às ferramentas exclusivas de análises de dados como Histograma, Gráfico de Dispersão, Curva de Nível e interação de dados com Regressão Linear Múltipla.

Logo abaixo, serão descritas as funcionalidades de cada uma dessas ferramentas.

### 3.2.1. Histograma

Histograma é uma representação gráfica de dados por meio de barras que demonstra uma distribuição em sequência. A base de cada uma das barras, dispostas no gráfico, representa uma classe específica. E a altura descreve a quantidade ou frequência absoluta de valor que ocorre em uma classe.

Para acessar a ferramenta no sistema basta ir em dados, na parte superior central do display, e clicar na opção **Análise de Histograma**, conforme ilustrado abaixo.



Figura 19 - Acessar Histograma

Entrando na aba de análise, deve-se selecionar uma camada para realizar a interação. Cabe ressaltar que somente as camadas específicas do tipo geoestatística podem ser utilizadas na consulta de dados. Vejamos o exemplo logo abaixo:

Ao direcionar uma camada geoestatística, deve-se selecionar posteriormente o campo de interesse a se analisar. Conforme a **Figura 20**, foi selecionado o valor do imóvel.

Assim que selecionar os itens obrigatórios, é disposto o comportamento dos dados e o sumário (resumo) das informações. Bem como, a possibilidade de alterar alguns parâmetros de gráfico como aplicar escala logarítmica ou quantidade de colunas.

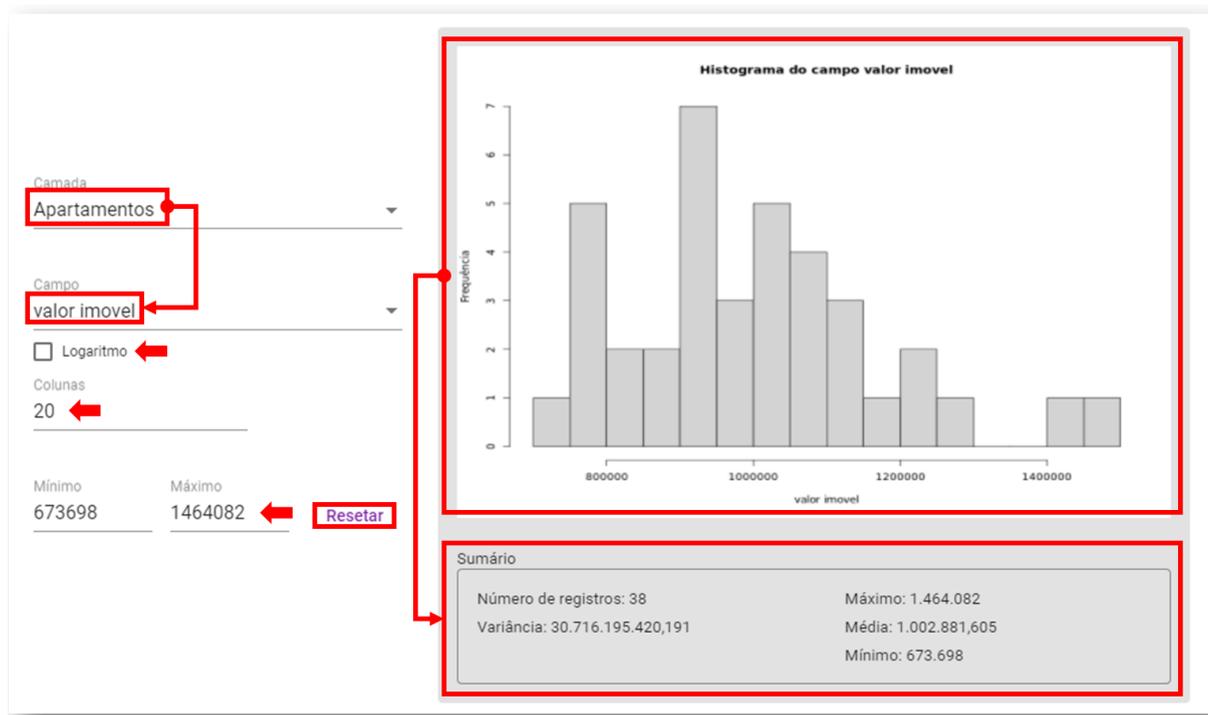


Figura 20 - Análise de Histograma

### 3.2.2. Gráfico de Dispersão

O gráfico de dispersão é uma representação de dados que analisa a relação entre duas variáveis quantitativas, uma de causa e outra de efeito. Esse tipo de diagrama trás números simultâneos da influência de uma variável sobre a outra.

Ao estudar a correlação entre as variáveis (R - Coeficiente de Correlação de Pearson), você tem uma variável dependente Y (efeito) que se relaciona com a variável independente X (causa). Em um modelo hipotético simplificado, com  $R = 1$ , teríamos uma equação simples  $Y = f(x) + c$ .

Para acessar a ferramenta no sistema basta ir em dados, na parte superior central do display, e clicar na opção **Gráfico de Dispersão**, conforme a imagem abaixo.



Figura 21 - Acessar Gráfico de Dispersão

Entrando na aba de análise de dados, deve-se selecionar uma camada para realizar a interação. Cabe ressaltar novamente que somente as camadas específicas do tipo geoestatística podem ser utilizadas na consulta de dados. Vejamos o exemplo a seguir:

Após definir uma camada geoestatística, deve-se então selecionar os campos de interesse a se analisar. No exemplo, foram utilizados os campos VM2 (valor do m<sup>2</sup>) e área do imóvel.

Assim que selecionar os itens obrigatórios, é disposto o comportamento dos dados e o sumário (resumo) das informações. Bem como, a possibilidade de alterar alguns parâmetros de gráfico como os valores máximos e mínimos ou aplicar a **Elipse de confiança de Olivieri** que permite visualizar uma região de confiança em torno do valor central e a dispersão.

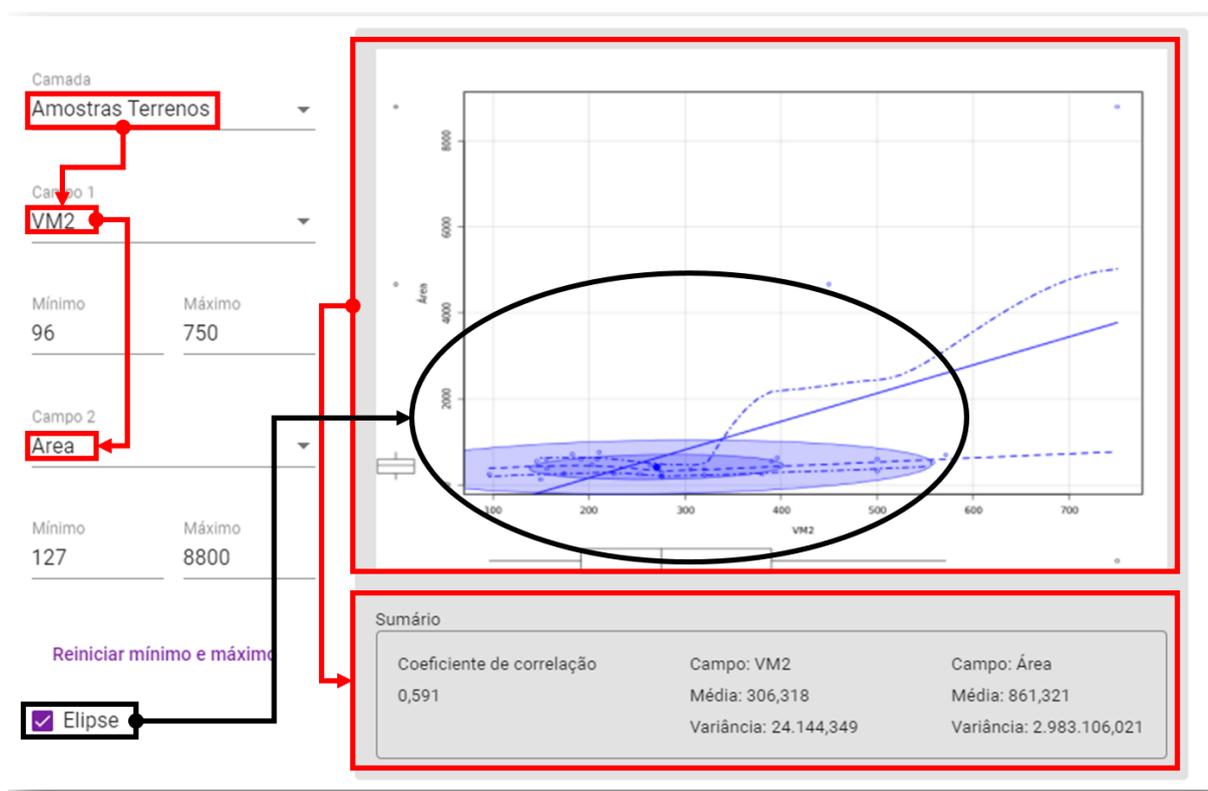


Figura 22 - Análise de Dispersão

### 3.2.3. Curva de Nível

Matematicamente, uma curva de nível pode ser definida como sendo uma curva produzida pela intersecção de um plano horizontal com a superfície do terreno. Na topografia, a curva de nível ou isoípsa é uma representação cartográfica dada por uma linha imaginária que une todos os pontos que possuem a mesma altitude ou cota.

Tendo como base esses conceitos, podemos dizer que a ferramenta se propõe a traçar linhas imaginárias onde há representatividade igualitária dos valores médios dos dados a partir da interação geostática das amostras. Gerando assim, curvas de nível que permite uma melhor análise da dispersão e comportamento desses valores.

Para acessar a ferramenta no sistema basta ir em dados, na parte superior central do display, e clicar na opção **Curva de Nível**, conforme a imagem.

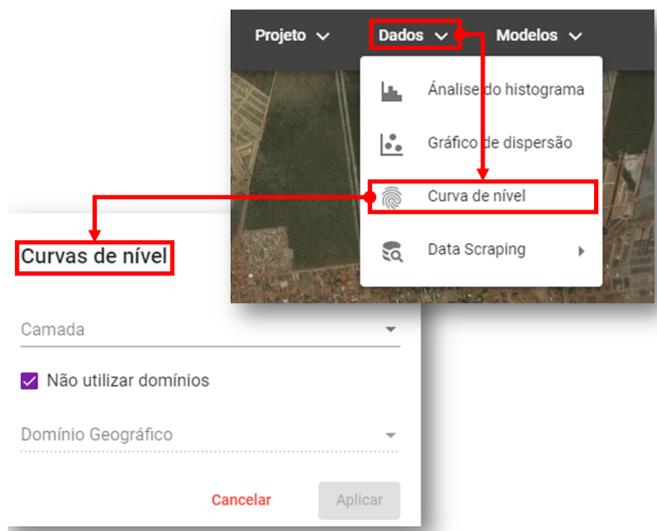


Figura 23 - Acessando Curva de Nível

Após abrir a aba de configuração, selecione uma camada do tipo geostatística e o campo a ser analisado. Em seguida, terá a opção de utilizar ou não domínios geográficos, delimitando curvas por regiões de interesse.

A imagem abaixo mostra a disposição da curva de nível em mapa.

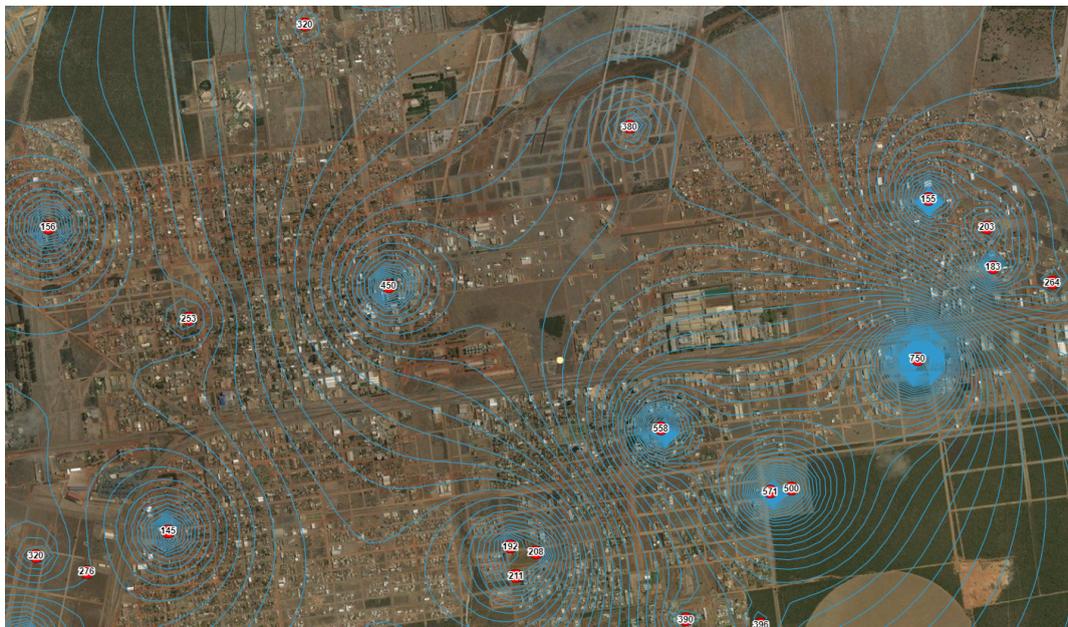


Figura 24 - Aplicação da Curva de Nível

Note que se trata de uma linha genérica sem atributos para consulta, um objeto de análise visual. E que pode ser desabilitado com um clique simples acessando o mesmo caminho utilizado para ativá-la.

### 3.2.4. Regressão Linear Múltipla

Para se entender o conceito de Regressão Linear Múltipla (RLM), primeiramente, vamos ao conceito de uma Regressão Linear Simples (RLS).

Resumindo, a RLS é responsável por avaliar a relação linear entre duas variáveis. De modo análogo ao tópico 3.2.2, a relação entre duas variáveis pode ser representada por uma reta através de uma relação direta de causa e efeito. Uma forma simples de representação seria uma equação linear  $Y = f(X) + c$  e a Correlação Linear -  $R$  entre ambas variáveis.

Já a RLM é um modelo de análise da relação linear entre múltiplas variáveis independentes (Preditoras). Logo, quando não se consegue explicar um modelo através de uma única variável de causa e efeito, surge a necessidade de utilizar modelos que direcionam as análises a partir de múltiplas variáveis.

As equações que descrevem as interações RLM se dispõem da seguinte forma:

$$W = c + f(i) + \dots + f(x) + f(y) + f(z) + \dots + f(n).$$

onde

$W$  - é a variável dependente (Resposta)

$f(i) + \dots + f(n)$  - são as variáveis independentes (Parâmetros)

$c$  - Constante (Ajuste do Modelo - Intercepto)

Abaixo, seguem os passos de como realizar uma Regressão Linear Múltipla dentro do sistema Geo360.

O painel RLM será aberto acessando **Modelos** e selecionando a opção **Regressão Linear**. Logo após, será aberta a janela onde o usuário, na etapa 1, deverá indicar a camada para análise. Cabe ressaltar que somente as camadas do tipo **Regressão Múltipla** interagem nesse modelo matemático.

Ao selecionar a camada, aparecerá os campos que compõem a mesma. O usuário selecionará os campos que serão destinados para o modelo de regressão. E após definição desses campos, o usuário será direcionado a etapa 2 clicando em **Próximo**, conforme a **Figura 26**.

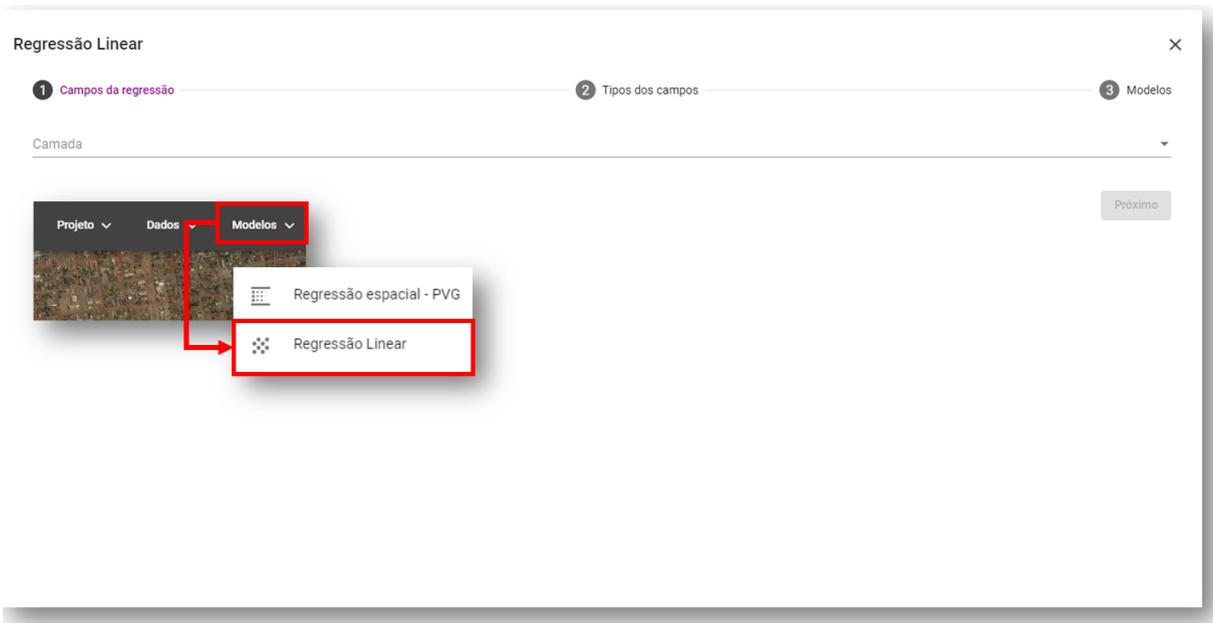


Figura 25 - Painel de Regressão Linear Múltipla

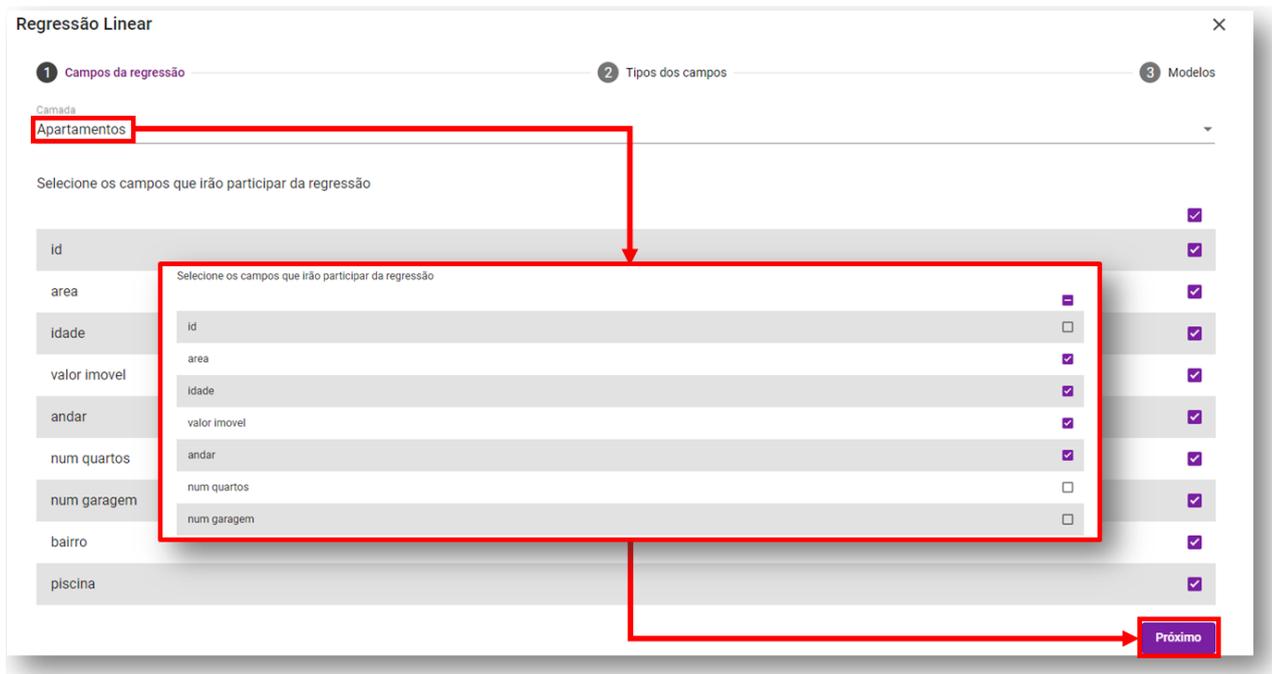


Figura 26 - Seleção de Campos para RLM

Na etapa 2, o usuário deverá selecionar a variável dependente e as variáveis independentes do modelo. Além disso, o sistema possibilita a transformação representativa dos dados em escalas: Logarítmica, Raiz Quadrada e Inversa (1/x). E também, configurar se o dado é Contínuo ou Qualitativo.

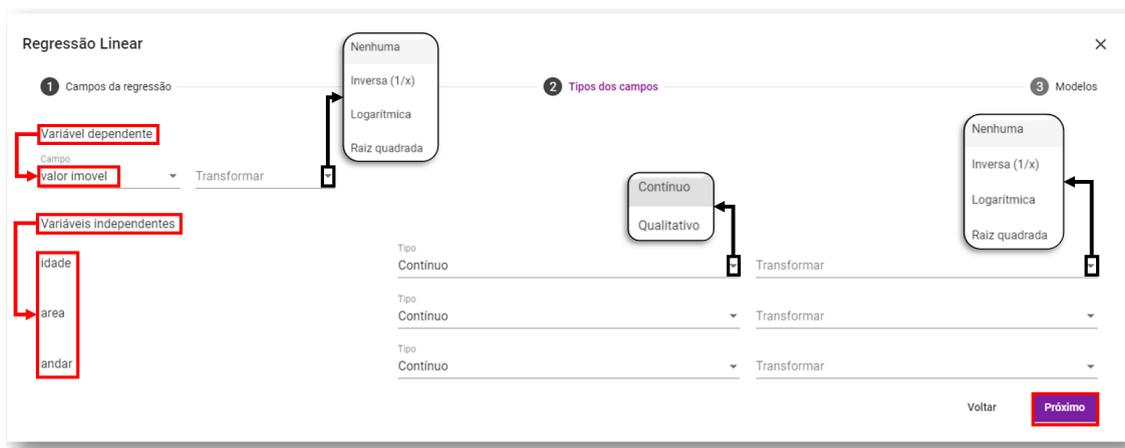


Figura 27 - Definição de Variáveis: Dependente e Independentes

Após direcionar as variáveis na etapa 2 e definir as configurações finais de cada uma, será realizado o processamento desse modelo e apresentado os resultados obtidos dessas interações na etapa 3, conforme a figura abaixo.



Figura 28 - Pós-Processamento RLM

Essa parte exigirá um pouco mais de conhecimento do usuário em relação à temática geoestatística e a influência dos parâmetros no modelo para alguma tomada de decisão. Porém, o sistema orienta o usuário qual interação é indicada, requer análise ou não é indicada a utilização.

Ao expandir o resumo de uma das interações, é disposto em tela os valores dos parâmetros estatísticos e a pré-visualização da fórmula do modelo, de acordo com a imagem abaixo.

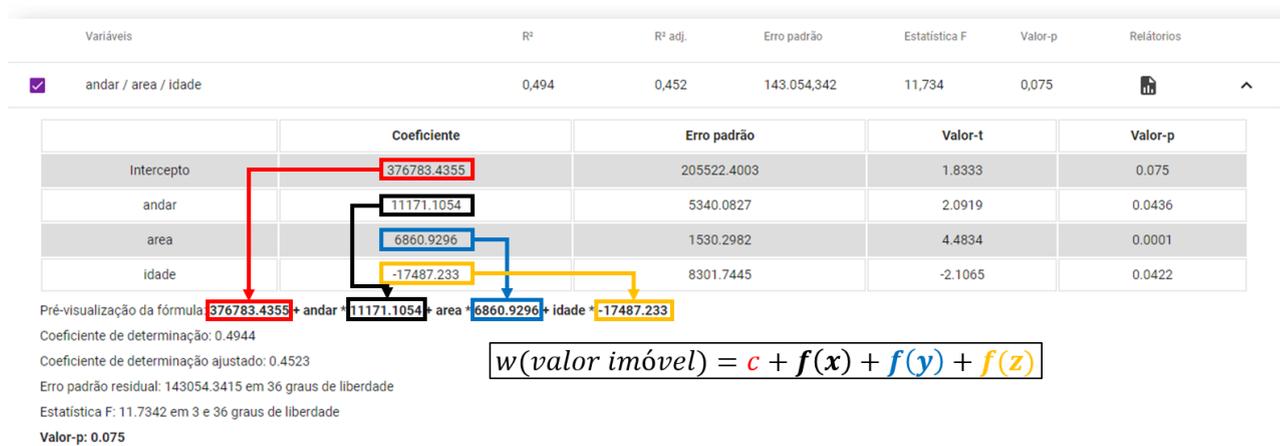


Figura 29 - Pré-Visualização da Fórmula RLM

Quanto aos parâmetros, temos:

*Valor – t*: mede a razão entre o coeficiente e seu erro padrão. É usado para calcular o valor-p e testar se o coeficiente é significamente diferente de 0.

$Valor - t \leq t_{\alpha/2, n-p-1}$  - se o valor absoluto do valor-t for menor do que o valor crítico, você não deve rejeitar a hipótese nula.

$Valor - t > t_{\alpha/2, n-p-1}$  - se o valor absoluto do valor-t for maior do que o valor crítico, você deve rejeitar a hipótese nula.

*Valor – p*: é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula. A hipótese nula é que o coeficiente do termo é igual a zero, o que implica a não existência de uma associação entre o termo e a resposta. Geralmente, um nível de significância alfa ( $\alpha$ ) de 0,05 funciona bem. Isso indica que há um risco de 5% de se concluir que existe uma associação quando não existe uma associação real.

*Valor –  $p \leq \alpha$*  - É possível concluir que há uma associação estatisticamente significativa entre a variável de resposta e o termo.

*Valor –  $p > \alpha$*  - Não é possível concluir que há uma associação estatisticamente significativa entre a variável de resposta e o termo. Sendo necessário assim, reajustar o modelo sem o termo.

*Estatística – F*: A estatística-F ou distribuição F de Fisher-Snedecor é dada como uma razão de duas quantidades que se espera que sejam aproximadamente iguais sob a hipótese nula. Surge frequentemente como a distribuição nula da estatística de um teste, mais notadamente na análise de variância.

*Erro Padrão*: Diferente do Desvio Padrão, que indica a dispersão dos dados dentro de uma amostra em relação à média. O Erro Padrão é descrito como a medida de variação de uma média amostral em relação à média da população. Sendo assim, uma medida que ajuda a verificar o nível de confiabilidade da média amostral calculada.

A imagem abaixo ilustra os relatórios estatísticos dispostos no modelo:

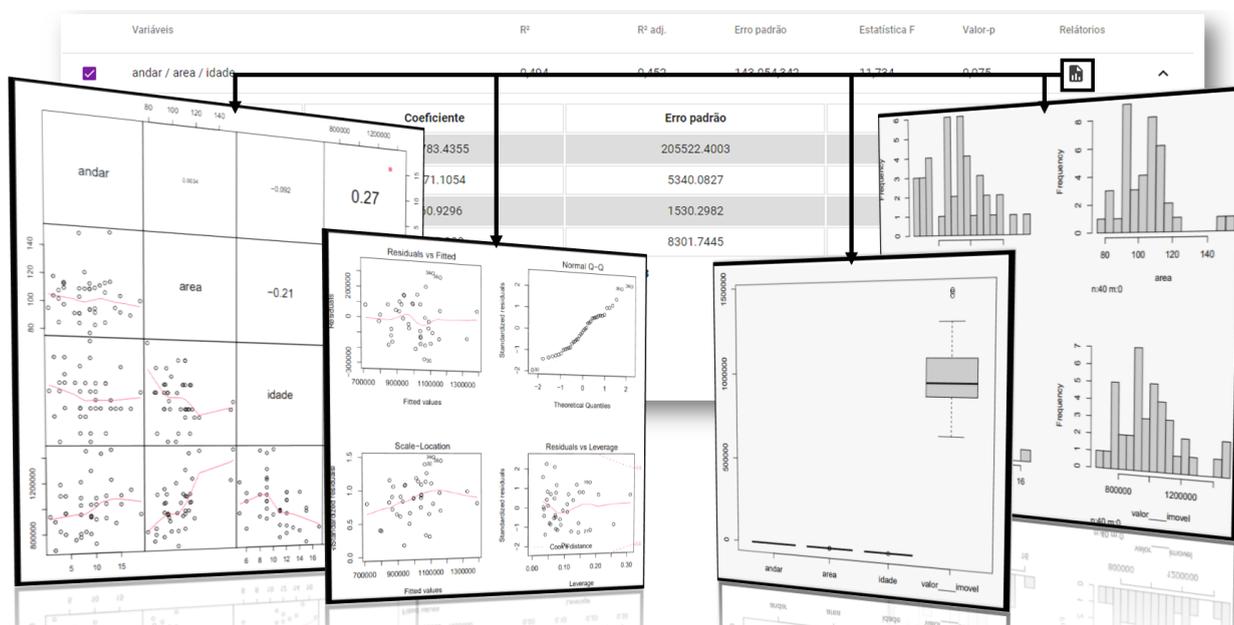


Figura 30 - Relatório das Interações entre as variáveis

Após definir qual modelo estatístico se adequa a realidade local e/ou se comporta de forma mais eficiente, o usuário deverá salvar esse modelo.

Tendo o modelo salvo, a equação RLM será transferida automaticamente para a camada orientada na etapa 1. Acessando **Fórmulas**, é possível visualizar a equação obtida no modelo RLM, ilustrado na imagem xx.

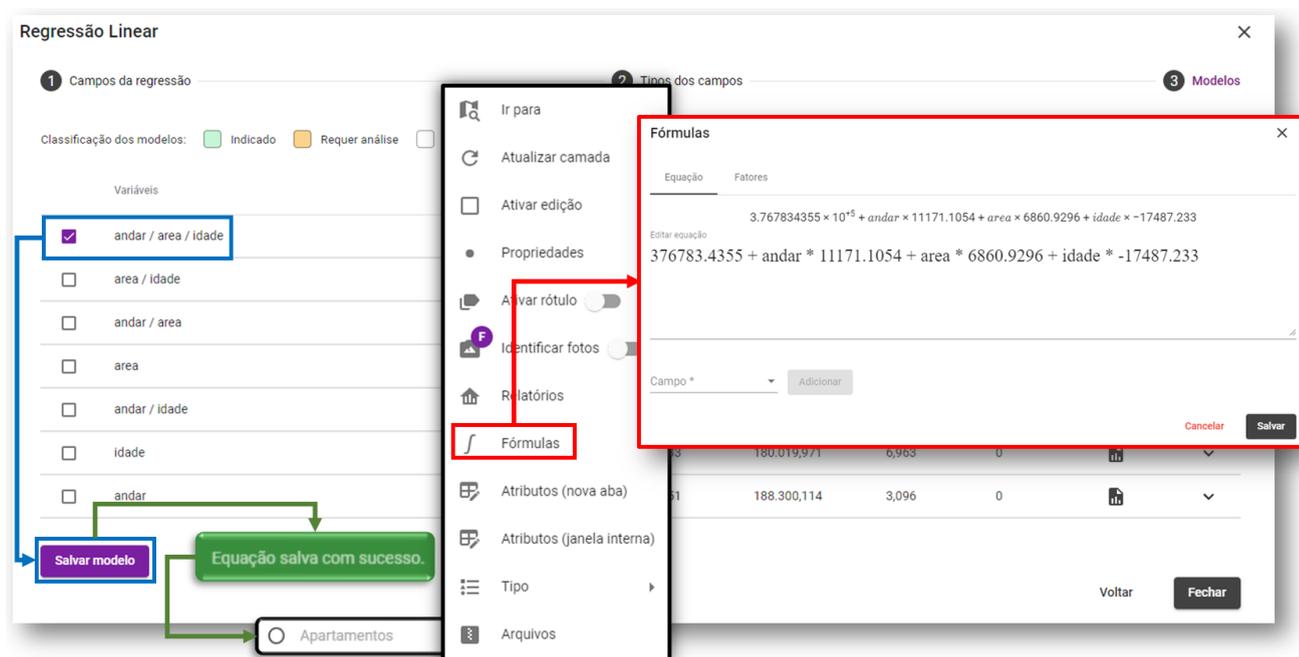


Figura 31 - Relatório das Interações entre as variáveis

### 3.3 Regressão Espacial

O sistema Geo360 possibilita a interação de regressão espacial onde se é possível obter variogramas e definir parâmetros de ajuste com efeito pepita, alcance e patamar; Realizar interpolação das amostras através do método de krigagem e gerar superfície de valores; Bem como, obter a representatividade dos valores através da intersecção entre a matriz de valores e uma camada vetorial definida, seja ela logradouro, face-Quadra ou domínio de valores.

Para acessar as ferramentas de Regressão Espacial basta clicar em Modelo e selecionar a opção Regressão Espacial - PVG. Em seguida, será aberta a aba interativa para simular um modelo de PVG.

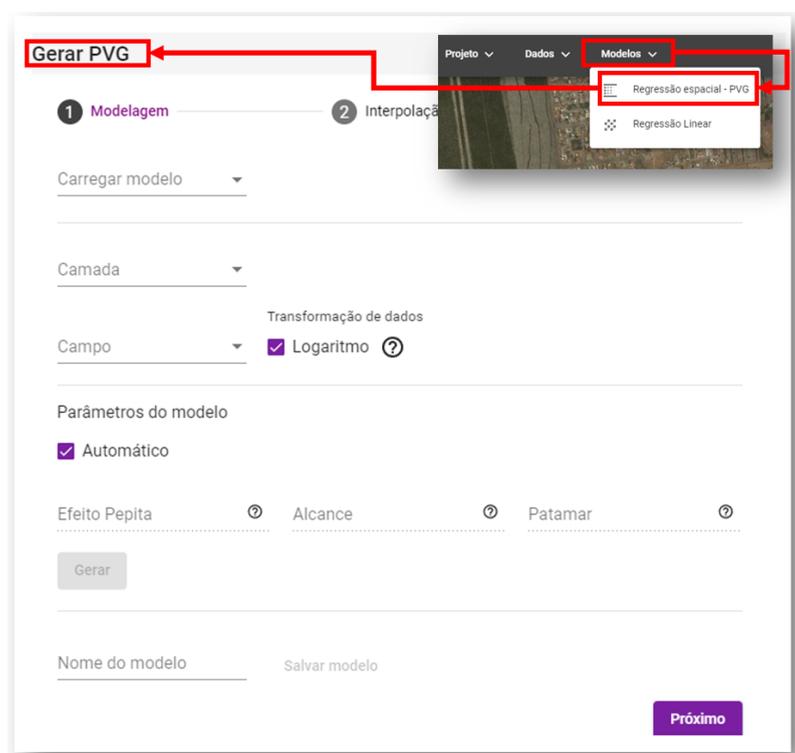


Figura 32 - Painel de Regressão Linear Múltipla

### 3.3.1. Variograma

A análise geoestatística tem por objetivo determinar a correlação espacial dos dados. Logo, nesse sentido, o variograma deve refletir as características espaciais das amostras em estudo.

Em outras palavras, o variograma mede a variação do valor de uma variável em relação à vizinhança (demais amostragens) por meio de dispersão estatística de variância espacial.

Em termos matemáticos, o variograma fornece um significado preciso do conceito de zona de influência de uma amostra. A função que descreve tal comportamento é:

$$2\gamma(h) = E[z(x_i) - z(x_{i+h})]^2.$$

onde  $2\gamma(h)$  é a função variograma e  $z(x_i) - z(x_{i+h})$  são valores da variável regionalizada nos pontos  $x_i$  e  $x_{i+h}$ .

Logo, podemos dizer que a função variograma é a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por uma distância  $h$ .

A metade da função é denominada de semivariograma  $\gamma(h)$ , sendo a função efetivamente utilizada para a investigação da continuidade espacial de uma variável regionalizada.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2.$$

Existem três propriedades principais para se analisar em um semivariograma: **Amplitude, Patamar e Efeito Pepita**.

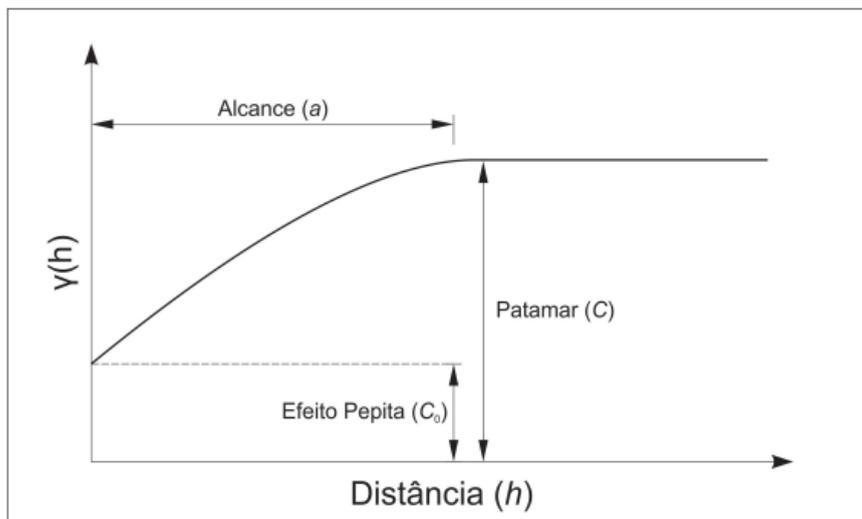


Figura 33 - Propriedades do Semivariograma

**1 - Amplitude (Alcance):** é o valor da distância a partir da qual, naquela direção, os pares de valores  $z(x_i)$  e  $z(x_{i+h})$  não apresentam correlação/dependência espacial.

**2 - Patamar:** é o valor no qual o variograma estabiliza no campo aleatório, e é correspondente à variância da variável regionalizada. Ou seja, é o valor onde a correlação entre as amostras é nula. A correlação entre  $z(x_i)$  e  $z(x_{i+h})$  é positiva abaixo do Patamar e negativa quando excede o valor do Patamar.

**3 - Efeito Pepita:** é o valor do variograma na origem ( $h = 0$ ). É geralmente atribuída a erros de amostragem e/ou análises, mas também pode ser atribuída à subamostragem, variabilidade da amostragem, e em alguns casos, à variabilidade geológica real e de curta escala.

O Geo360 visa simplificar todo o processo de cálculo e retorna, de forma resumida e ponderada, todas as informações pertinentes ao modelo de interação.

Ao acessarmos a aba de Regressão Espacial, conforme os passos do item 4.4, e entrar na aba de PVG, o usuário tem a opção de adicionar uma camada geoestatística ou carregar um modelo existente para avaliação. No exemplo abaixo, foi selecionado um modelo já processado: Var04 (Variograma - 04).

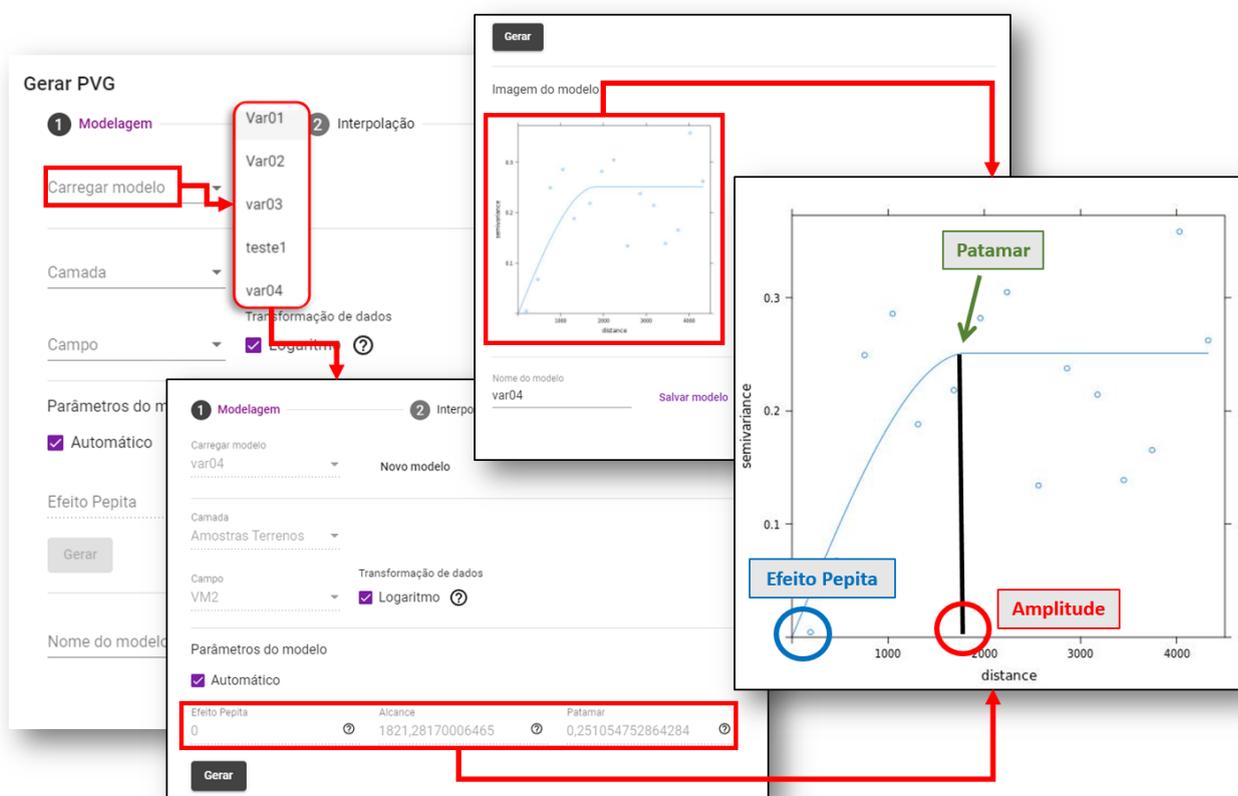
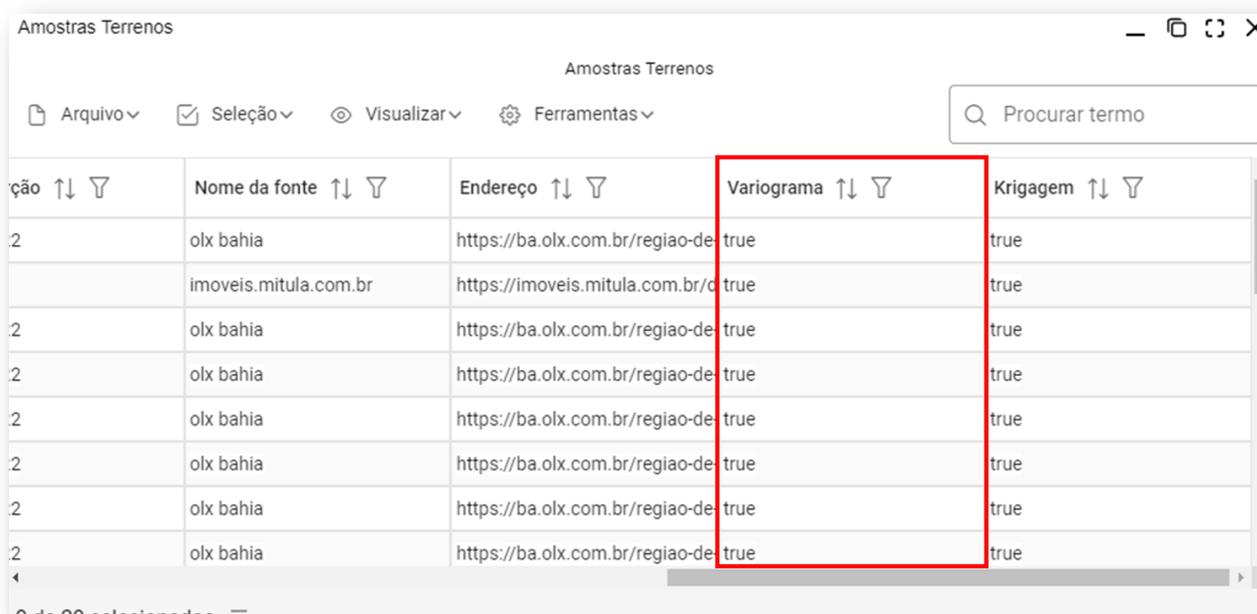


Figura 34 - Modelagem do Semivariograma

Lembrando que as interações serão realizadas somente com as amostras que tiverem o campo de variograma habilitado, conforme exemplo abaixo onde todas as amostras estão habilitadas como **true**. Ficando assim, a critério do usuário, a decisão do que entra ou sai na modelagem.



The screenshot shows a web application window titled 'Amostras Terrenos'. It features a menu bar with 'Arquivo', 'Seleção', 'Visualizar', and 'Ferramentas'. A search bar on the right contains the text 'Procurar termo'. Below the menu is a table with the following columns: 'Seleção', 'Nome da fonte', 'Endereço', 'Variograma', and 'Krigagem'. The 'Variograma' column is highlighted with a red box. The table contains several rows of data, all with 'true' values in the 'Variograma' and 'Krigagem' columns.

Seleção	Nome da fonte	Endereço	Variograma	Krigagem
2	olx bahia	https://ba.olx.com.br/regiao-de	true	true
	imoveis.mitula.com.br	https://imoveis.mitula.com.br/d	true	true
2	olx bahia	https://ba.olx.com.br/regiao-de	true	true
2	olx bahia	https://ba.olx.com.br/regiao-de	true	true
2	olx bahia	https://ba.olx.com.br/regiao-de	true	true
2	olx bahia	https://ba.olx.com.br/regiao-de	true	true
2	olx bahia	https://ba.olx.com.br/regiao-de	true	true
2	olx bahia	https://ba.olx.com.br/regiao-de	true	true

Figura 35 - Validação de Amostras no Variograma

### 3.3.2. Interpolação

A interpolação espacial é uma técnica utilizada para a estimativa de valores de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. Nesse sentido, converte-se dados de observações pontuais em campos contínuos que podem ser representados por um padrão espacial e comparados com outras entidades espaciais contínuas.

Os métodos de interpolação mais comuns dos SIGs em geral pertencem a duas categorias: globais e locais. Sendo os globais mais utilizados em superfícies de tendência, e os locais podem ser polinômios de baixa ordem, funções spline, poliedros, triangulação e médias móveis ponderadas. Porém, estes métodos não fornecem os erros associados às estimativas. Somente o método da **krigagem** o faz por meio de um modelo contínuo de variação espacial.

Dentre os métodos de interpolação, os mais usuais são:

**1 - IDW (Inverse Distance Weighting):** atribuída a pontos amostrais através da utilização de um coeficiente de ponderação que controla como a influência da ponderação irá diminuir à medida que a distância a partir do ponto desconhecido aumenta.

O IDW usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta

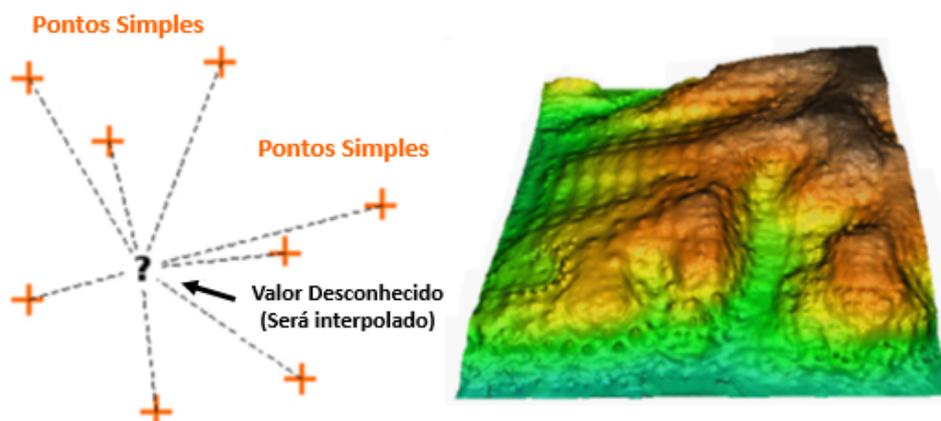


Figura 36 - Método IDW

**2 - Triangulação Delaunay (TIN):** o método tenta criar uma superfície formada por triângulos a partir de pontos vizinhos mais próximos. Para fazer isso, círculos circunscritos são inseridos em volta dos pontos amostrais. Suas intersecções são conectadas por uma rede de triângulos não sobrepostos e o mais compactos possíveis.

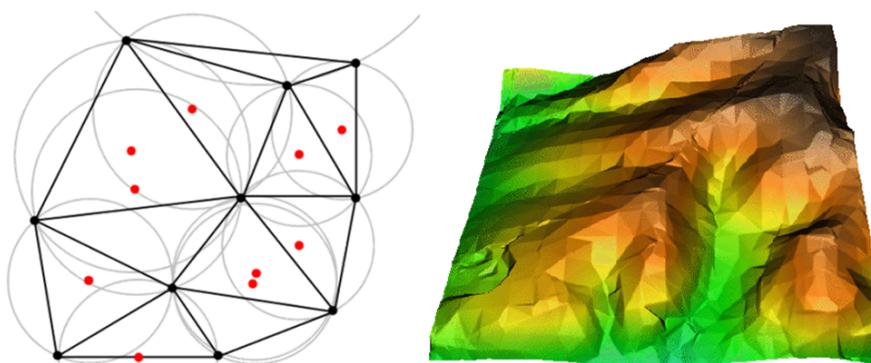


Figura 37 - Método TIN

**3 - Krigagem:** Leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas. Nessas variáveis deve existir uma certa continuidade espacial, o que permite que os dados obtidos por amostragem de certos pontos possam ser usados para parametrizar a estimativa de pontos onde o valor da variável seja desconhecido.

Os métodos de Krigagem dependem de modelos matemáticos e estatísticos, assim como da noção de autocorrelação. Na estatística clássica, assume-se que as observações são independentes, ou seja, não há correlação entre as observações. Na geoestatística, a informação dos locais espaciais permite o cálculo das distâncias entre as observações e modelar a autocorrelação como uma função da distância. Para isto, a função mais comum utilizada é o (semi)variograma.

Os métodos de krigagem podem ser ramificados em 5 tipos de interações:

**Krigagem Simples (KS):** assume que as médias locais são relativamente constantes e de valor muito semelhante à média da população que é conhecida. Desta maneira, a média da população é utilizada para cada estimacão local, em conjunto com os pontos vizinhos estabelecidos como necessários para a estimacão.

**Krigagem Ordinária (KO):** Quando os valores de uma variável regionalizada apresentam média constante, porém desconhecida, o algoritmo a ser aplicado é o da krigagem ordinária (normal), para encontrar os ponderadores ótimos que minimizem a variância do erro de estimacão.

**Krigagem Universal (KU):** utilizado nos casos em que o processo estocástico não é estacionário. Ou seja, o processo apresenta uma tendência.

**Krigagem Indicativa (KI):** evita o problema da contaminação amostral pela presença de poucos valores altos na interpolação de regiões com valores baixos. Para a transformação de uma variável aleatória contínua em uma variável binária trabalha-se com o conceito do teor de corte/cutoff.

**Co-Krigagem:** é uma extensão da krigagem normal em que duas ou mais variáveis são espacialmente dependentes e a variável que se quer estimar não está amostrada com a intensidade com que estão as outras variáveis dependentes, utilizando-se os valores destas e as suas dependências para estimar a variável requerida.

No Geo360, acessando o item 2 da aba de Regressão Espacial, temos a parte de interpolação do sistema. Nessa parte, o usuário deverá direcionar o modelo de semivariograma criado na etapa anterior e o domínio geográfico, caso possua.

Os Domínios Geográficos são áreas que possuem comportamentos e interesses distintos entre si. Um município pode delimitar diversas regiões de domínios geográficos voltadas a um interesse específico, podendo ser regiões fracionadas dentro do perímetro urbano ou frações por distritos, destinando áreas que se comportam baseadas em critérios de interesse municipal. A imagem abaixo

ilustra a delimitação e seleção de um domínio geográfico na interação de interpolação de valores.

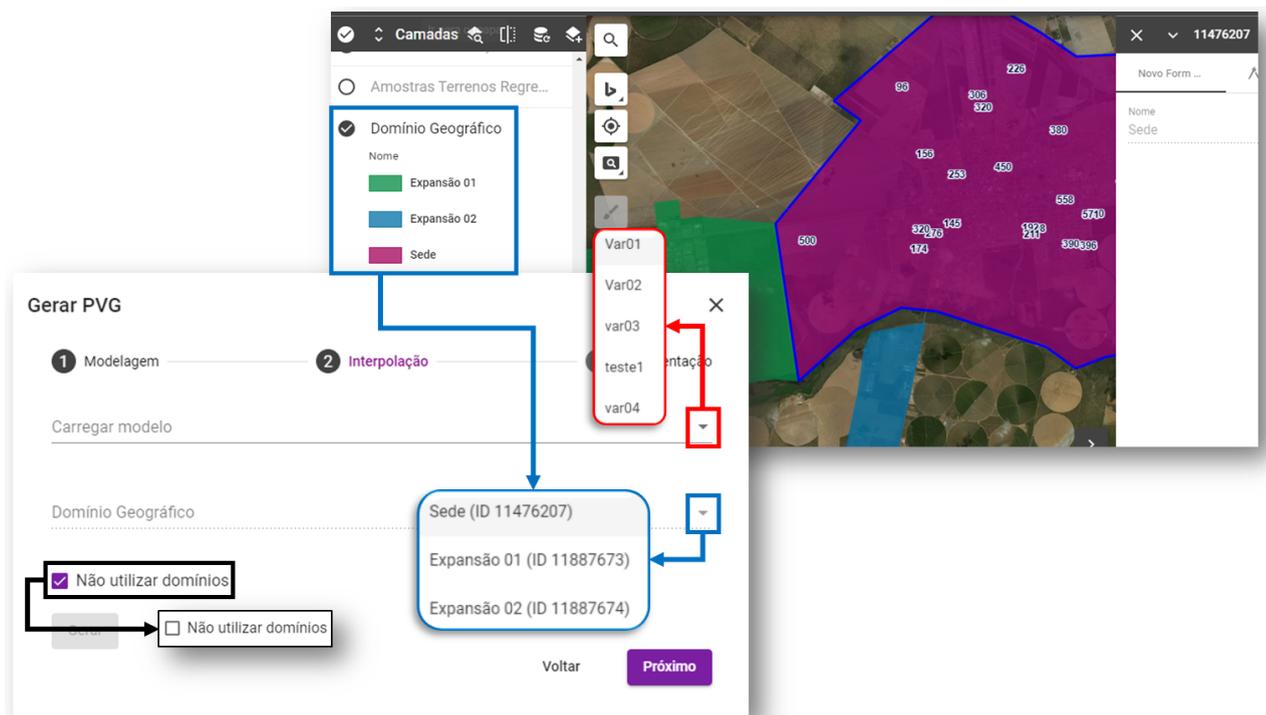


Figura 38 - Krigagem: Interpolação das Amostras

Lembrando que as interações serão realizadas somente com as amostras que tiverem o campo de Krigagem habilitado, conforme exemplo citado no tópico de variograma (Figura XX). Onde todas as amostras estão habilitadas como **true**.

Após gerar a interpolação, será criado automaticamente a Matriz de Valores (Variograma) e a matriz com os valores de desvio padrão do modelo. E a partir disso, será possível interceptar valores e aderi-los a uma camada de representação de valores, conforme foi abordado no item 3.1.3 deste manual.

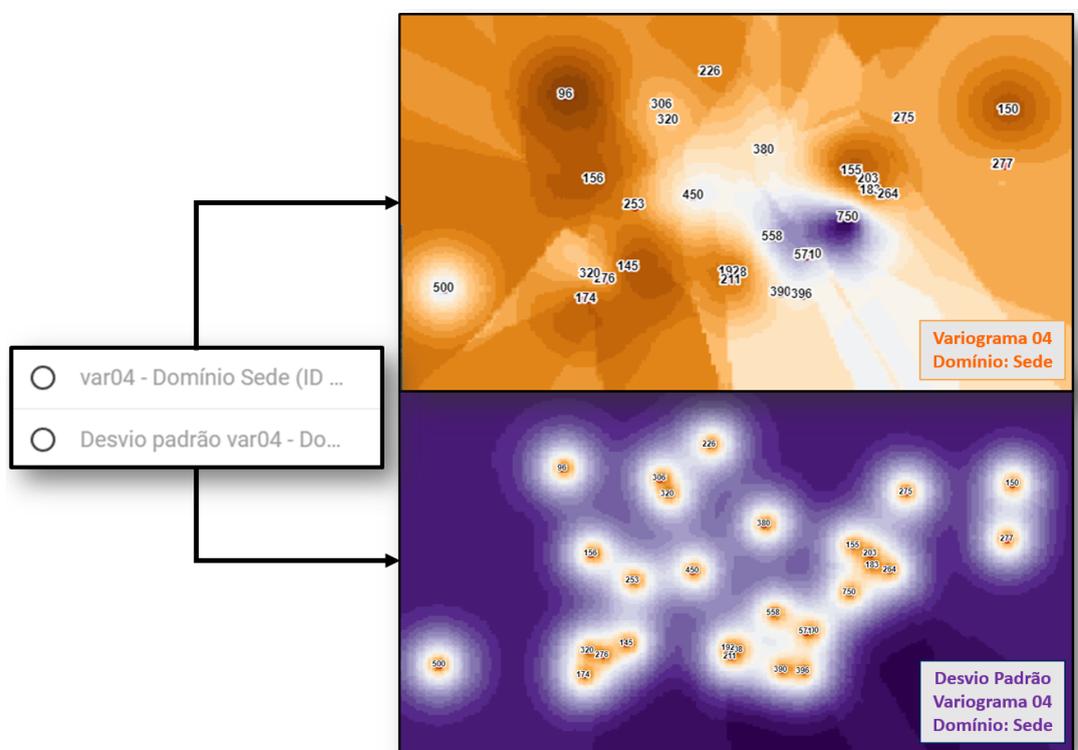


Figura 39 - Matriz de Valores (Variograma) e Desvio Padrão

### 3.3.3. Representação de Valores

Nessa etapa, a abordagem é mais simples. Aqui é onde direcionamos a camada que irá interceptar os valores da Matriz de Valores e representá-los através de sua geometria.

Usualmente para as atividades CTM, a representação dos valores são direcionadas às camadas lineares como Logradouros ou Face-Quadra. Porém, o sistema Geo360 permite trabalhar com as demais geometrias como ponto ou polígono. A **Figura 40** ilustra algumas das possibilidades.

Acessando o terceiro item da aba de Regressão Espacial, é disposto em tela algumas opções que irão garantir a interação. A primeira etapa é direcionar a Matriz de Valores que o usuário deseja extrair as informações. Posteriormente, deve-se selecionar as zonas de ajustes que irão atuar nesse modelo (representação das áreas conforme a **Figura 17**). E por fim, direcionar a camada específica do tipo Representação de Valores (lembrando que somente as camadas específicas de representação estarão disponíveis em lista).



Figura 40 - Tipos de Representação de Valores

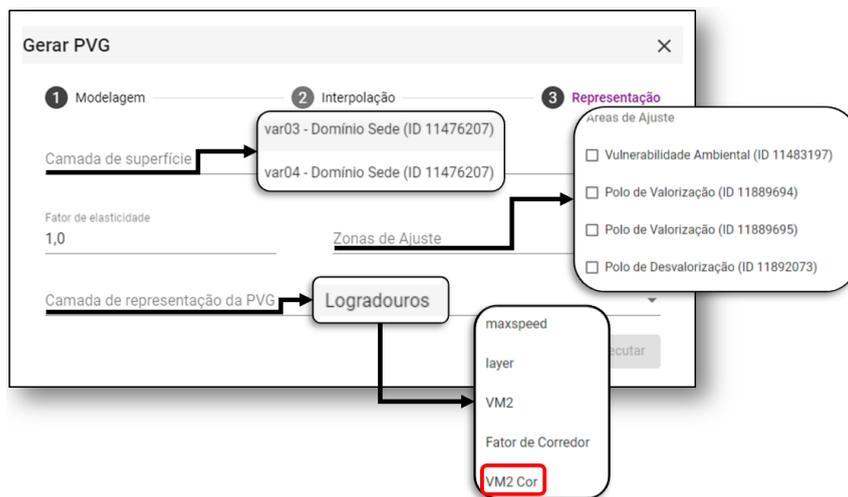


Figura 41 - Configuração para Representação de Valores

Após direcionar os campos necessários e processar, são gerados os valores por interseção geométrica na matriz de valores. O exemplo abaixo ilustra o produto final retornado pelo processamento.

