

Sistema para Simulação Gráfica de Regimes Construtivos

Isabel Cristina Siqueira da Silva
Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter)
Porto Alegre, RS Brasil 90.840-440
+55(51)3230.3333
isabel@uniritter.edu.br

Júlio Celso Borello Vargas
Porto Alegre, RS – Brasil - 90.050-350
+55 (51) 3224.2321
jcelso@arqs.com

Resumo. O trabalho de reflexão e ação sobre a cidade e, especificamente, sobre a morfologia urbana, é propício à exploração das potencialidades da Computação Gráfica e das novas tecnologias da informação, tendo em vista que o processo decisional do planejamento urbano demanda rapidez e precisão e exige dos agentes recursos de exposição de informações transparentes e confiáveis. Neste universo, surgem os chamados Regimes Urbanísticos - parâmetros normativos que traduzem as diretrizes da política urbana – dentre os quais os mais importantes para a configuração da cidade são as chamadas Normas de Ocupação do Solo, comumente conhecidas como Regimes Construtivos. Atualmente, a aplicação dos regimes construtivos por parte dos agentes do desenvolvimento urbano em cidades como Porto Alegre é ainda uma atividade um tanto rústica, feita geralmente de forma manual. Isto revela uma demanda por ferramentas computacionais práticas e efetivas, capazes de permitir especulações morfológicas interativas. Este artigo apresenta a fase atual de desenvolvimento de uma ferramenta de simulação gráfica voltada à área da Arquitetura e Urbanismo, a qual gera a representação visual tridimensional de uma edificação a partir da entrada dos regimes construtivos determinados pelo Plano Diretor Municipal. A ferramenta permite a interação com a representação gráfica gerada, de modo a apoiar o lançamento do projeto e sua posterior validação, a partir de técnicas da Computação Gráfica que facilitam o *insight* espacial por parte do usuário.

Palavras-Chave: Computação Gráfica, Morfologia Urbana, Regimes Urbanísticos, Interação Humano-Computador.

I. INTRODUÇÃO

Sistemas baseados em Computação Gráfica auxiliam o desenvolvimento de ambientes computacionais nos quais a transformação de dados abstratos em imagens reais (formato gráfico) pode ser mais facilmente assimilada e provê maior *insight* no entendimento de um problema. A possibilidade do desenvolvimento de ambientes gráficos bi (2D) ou tridimensionais (3D) a partir da aplicação de conceitos como modelagem geométrica, câmera, projeção, iluminação, transformações geométricas entre outros, permitem maior agilidade na extração de informações [1].

Segundo Rocha e Baranauskas [2], o usuário deve perceber a informação apresentada através dos sinais que a constituem, pois o entendimento de tal mecanismo envolve os processos

psicológicos em operação e as redes neurais relacionadas. Uma imagem pode ser *ambígua por falta de informação* relevante ou por *excesso de informação irrelevante*. Assim, segundo Freitas [3], os projetistas de sistemas de visualização devem considerar duas questões principais: o *mapeamento de informações* para uma representação gráfica que facilite a sua interpretação pelos usuários e o *fornecimento de meios* que permitam limitar a quantidade de informações que estes recebem, mantendo-os, ao mesmo tempo, "cientes" do espaço total de informação.

Neste sentido, nota-se na área da Arquitetura e Urbanismo uma carência de ferramentas voltadas à simulação interativa de regimes construtivos, os quais traduzem as diretrizes da política urbana consubstanciadas em instrumentos legais tais como os *planos diretores municipais*. Estas, em geral, dividem-se em três grupos: *normas de ocupação do solo, de uso do solo e de parcelamento do solo*. O primeiro contém os dispositivos comumente chamados de *regimes construtivos*, pois, ao restringir as possibilidades de os agentes privados escolherem o tamanho, porte e configuração das suas edificações (as chamadas “tipologias edilícias”), termina por definir os padrões de ocupação do território da cidade como um todo (a chamada “morfologia urbana”).

Regimes construtivos podem ser basicamente de dois tipos: *numéricos* ou *visuais*; *diretos* ou *indiretos*. Regimes *visuais* ou *diretos* são apresentados nos documentos legais na forma de desenhos precisos, os quais determinam um “envelope” morfológico rígido que deve ser respeitado pelos interessados em edificar. Independentemente do tamanho e forma do lote e do quarteirão, os edifícios devem inapelavelmente inserir-se no envelope proposto (alinhamento, gabarito de altura, divisas dos vizinhos, etc.). Esta abordagem é adotada geralmente em cidades que já possuem uma morfologia coerente, como é o caso de bairros centrais ou históricos de cidades européias ou de outros continentes cuja configuração urbana é tão clara e consagrada historicamente ao ponto de exigir total respeito às pré-existências e impelir à continuidade espacial. Já os regimes *numéricos* ou *indiretos* apresentam-se na forma de índices e taxas genéricos, os quais devem ser utilizados em cálculos dependentes do *tamanho e da forma dos lotes*, gerando uma solução de conjunto menos coesa e mais variada. Esta abordagem é a mais empregada em cidades novas –

especialmente do Terceiro Mundo – pois a visão urbanística predominante enfoca prioritariamente o aproveitamento econômico individual dos lotes, em detrimento da morfologia do conjunto da cidade. Este é o caminho adotado em Porto Alegre, Brasil, onde o *PDDUA - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental* - traz um zoneamento da cidade e, para cada zona, define regimes numéricos genéricos que devem ser modelados pelos agentes privados caso-a-caso, ou seja, cada lote deve responder aos parâmetros numéricos do Plano individualmente, gerando soluções diferentes e levando a uma morfologia heterogênea.

Neste contexto dominante no Brasil, a aplicação dos regimes numéricos em planos diretores apresenta-se ainda como uma *atividade manual*, pois a realização dos cálculos e a visualização espacial das alternativas por eles proporcionadas é feita geralmente sobre mapas de papel acompanhados de calculadora. É fato que alguns interessados (tanto os *players* do mercado real tais como arquitetos, incorporadores, construtores e proprietários de terra, como também os estudantes, pesquisadores e outros agentes do universo acadêmico) já trataram de automatizar este processo dentro das possibilidades apresentadas pelos recursos disponíveis comercialmente, através de planilhas digitais, *softwares* CAD e esquemas gráficos-padrão que facilitam a *especulação tipológica*. No entanto, existe a carência de uma ferramenta computacional customizada, um produto modelado sob esta demanda específica, que seja mais prática e efetiva, capaz de permitir que tal especulação se dê *rápida e interativamente*.

A ferramenta apresentada neste artigo destina-se à exibição gráfica de conceitos ligados à simulação interativa de regimes construtivos através da utilização de técnicas da Computação Gráfica. Para tanto, é gerada uma representação visual que visa auxiliar o desenvolvimento e a tomada de decisão por parte de Arquitetos e Urbanistas [4]. A cada proposição do usuário, o sistema retorna as possibilidades, enunciando sua adequação ou não às normas construtivas e, se adequada, a visualização é novamente gerada.

O texto está organizado como segue. Além desta seção introdutória, a seção II traz trabalhos relacionados aos assuntos abordados neste artigo. Já a seção III apresenta o estágio atual de desenvolvimento da ferramenta proposta. A seção IV traz os resultados obtidos até o momento e discussões e, por fim, a seção V apresenta as conclusões deste artigo.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

O emprego de conceitos ligados à área da Computação Gráfica permite a simulação gráfica de soluções reais através de conceitos como *visualização de objetos*, *transformações geométricas*, *rendering* [5] [6] entre outros. A possibilidade da visualização gráfica dos conceitos abordados de forma teórica, fornece um meio de ver o que não foi visto, relacionando-se intimamente ao sistema visual humano [7]. Como resultado, tem-se um meio eficiente de comunicação e entendimento de informações complexas e/ou volumosas, as quais dificilmente seriam disponibilizadas sem a utilização de uma imagem.

Neste sentido, o uso de ferramentas baseadas em Computação Gráfica e voltadas à área da Arquitetura e Urbanismo permite ao projetista disparar um processo

interativo de soluções onde, para cada alternativa pesquisada, são realizadas as tarefas de *modelagem*, *análise*, *avaliação e revisão*, até que suas características, dimensões e quesitos construtivos atendam às necessidades do projeto [4]. A imagem é uma importante forma de transmissão de informações arquitetônicas e urbanísticas, pois uma imagem gerada a partir de um modelo 3D de um trecho de uma cidade é, geralmente, mais reveladora do que um parágrafo de um texto sobre as características físicas desta área [8].

Aliado à importância do estudo de conceitos teóricos a partir da geração de imagens, está a qualidade da interface gráfica através da qual se dará a interação do usuário com o sistema. Para que a mesma possibilite o entendimento de conceitos por parte do usuário, é relevante que a mesma apresente *usabilidade* [2]. Para [9], a *usabilidade* pode ser expressa por três fatores: facilidade de aprendizado, flexibilidade de interação e robustez de interação (avaliação de objetivos). Já Nielsen [10] enfatiza que a usabilidade de uma interface não é uma propriedade simples, possuindo múltiplos componentes e cuja definição está associada a cinco atributos: *capacidade de aprendizado*, *eficiência de uso*, *satisfação subjetiva do usuário*, *erros do usuário* e *memorização*.

Em Silva e Freitas [11], são enumerados alguns requisitos iniciais de ferramentas visuais necessários para um melhor desempenho dos usuários: (1) maior simplicidade no uso de recursos gráficos de modo a minimizar o esforço cognitivo na identificação dos resultados relevantes; (2) possibilidade de definição de categorias pelo usuário, para o agrupamento de resultados; (3) distribuição dos elementos gráficos considerando as categorias definidas pelo usuário; (4) minimização do tempo de construção da representação gráfica, que é acrescido ao tempo da busca em si, nessas ferramentas.

Por isso, o trabalho de investigação e ação sobre o espaço urbano a partir de sua base arquitetônica é compelido a explorar as potencialidades da Computação Gráfica e das novas tecnologias da informação, buscando interfaces com alto grau de usabilidade. Os sistemas comerciais existentes, especialmente os programas CAD (*Computer Aided Design/Drawing*) certamente são utilizados neste universo, articulando as tarefas de modelagem tridimensional à extração de informações geométricas e dimensionais das entidades (áreas, volumes, distâncias), notadamente nos dias de hoje, quando quase todos os softwares do mercado têm arquitetura orientada ao objeto. Desde o mais conhecido deles – o anteriormente quase monopolista *AutoCAD*¹ – passando por produtos bem disseminados como *VectorWorks*², *ArchiCAD*³ e *DataCAD*⁴, até chegar em ferramentas mais sofisticadas e específicas como *FormZ*⁵ e *Revit*⁶, todos possuem capacidade de parametrização de objetos, contemplando alterações de geometria a partir de *inputs* numéricos. Quase todos, inclusive, trazem recursos de *script* ou abertura para programações e *plug-ins* independentes, permitindo a adaptação de funções-padrão em funções customizadas.

Também os *softwares* GIS (*Geographic Information*

¹ www.autodesk.com

² www.vectorpro.com.br

³ www.graphisoft.com

⁴ www.datacad.com.br

⁵ www.formz.com

⁶ www.micrograf.pt/aec/revitarc/

Systems), com sua capacidade de integrar informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo, de cadastro urbano, imagens de satélite, redes e/ou modelos numéricos de terreno, oferecem mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados e gerar representações gráficas, oferecendo alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio urbano. Os dados geográficos caracterizam-se pelo fato de incluírem necessariamente informações sobre *posição geográfica* (coordenadas espaciais ou geométricas), *atributos* (propriedades, como por exemplo, classe de uso do solo), e *relações* (topológicas, tais como proximidade, distância, adjacência), representando fenômenos do mundo real em ambiente computacional baseado na *visualização* e na *análise quantitativa*.

Infelizmente os sistemas SIG e os demais softwares comerciais não são capazes de explicitar padrões morfológicos urbanos stricto sensu, nem os conceitos específicos que dizem respeito a regimes e padrões urbanísticos sem intervenção em seu código ou programação adicional, além de serem muito grandes, complexos e caros para serem utilizados apenas para este fim específico.

Uma alternativa para tais questões é o software CityZoom desenvolvido no Laboratório para Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo (SimLab) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) [12]. O CitiZoom é uma ferramenta de suporte à tomada de decisão para projetos urbanos que provê um ambiente onde diferentes modelos podem operar interativamente com o objetivo de otimizar o processo de planejamento urbano. Este programa computacional, através da inserção de parâmetros reais, como a legislação urbana e dados cadastrais das zonas, simula tridimensionalmente o cenário urbano com o intuito de apoiar processo de planejamento e validar o projeto. Porém, devido ao grande número de funcionalidades, a interface gráfica desta ferramenta torna-se complexa.

Desta maneira, nota-se a necessidade da introdução de novos sistemas e técnicas de tratamento da informação aplicada especificamente ao *projeto arquitetônico baseado em normativas urbanísticas*, através da utilização de aplicativos mais simples em ambientes gráficos de estrutura integrada e de fácil manipulação, levando à proposição de uma ferramenta própria, uma solução *on-demand*, construída especificamente para as necessidades relatadas.

III. FERRAMENTA PROPOSTA

A ferramenta proposta está sendo implementada a partir do uso da linguagem de programação C++, da biblioteca OpenGL⁷ (*Open Graphics Library*) e do toolkit FLTK⁸ (*Fast Library Toolkit*). A geração da imagem se dá a partir da interação do usuário com a ferramenta, informando parâmetros necessários à simulação gráfica de edificações com base em regimes construtivos.

A seguir, são abordados os parâmetros necessários para a geração da imagem, a interface gráfica da primeira versão do sistema e sua respectiva validação junto a usuários, e a versão

atual resultante de tal validação.

A. Parâmetros de Entrada

Vários são os parâmetros de regimes construtivos utilizados na geração da imagem de uma edificação. Estes estão ligados a características do terreno, da construção, do potencial construtivo e dos regimes construtivos. Em relação aos regimes construtivos, *quatro principais parâmetros* podem ser destacados: *o índice de aproveitamento*, *as alturas*, *os recuos* e *a taxa de ocupação*.

O *índice de aproveitamento* – IA – é dado pelo quociente entre as áreas máximas de construção permitidas e as áreas dos terrenos sobre os quais ascendem as construções. O IA está intimamente ligado à densidade; para cada padrão de densidade, define-se um IA que, ao ser aplicado pelas novas construções, vai paulatinamente adensando a zona até o limite estabelecido. Multiplica-se o índice de aproveitamento pela área do terreno para encontrar o potencial construtivo.

Já as *alturas* referem-se à medida vertical da edificação, contada a partir do nível de referência do logradouro, enquanto os *recuos* correspondem à distância mínima entre a face da edificação e as divisas do terreno.

Por fim, a *taxa de ocupação* é a relação entre as projeções horizontais máximas de construção permitidas e as áreas dos terrenos sobre os quais ascenderem as construções.

B. Modelagem

A funcionalidade inicial da ferramenta pode ser observada no diagrama de casos de uso da Fig. 1. Neste, o usuário (cliente) tem a possibilidade inserir/alterar e limpar parâmetros, atualizar/gerar e rotacionar da imagem e aproximá-la ou afastá-la através do controle de *zoom*.

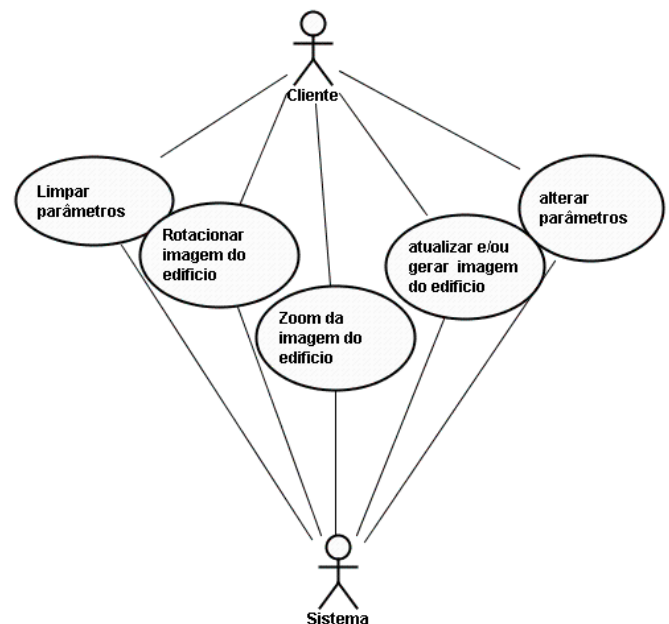


Figura 1: Diagrama de casos de uso da ferramenta proposta.

⁷ www.opengl.org

⁸ www.fltk.org

Além do diagrama de casos de uso, as Figuras 2 e 3 trazem, respectivamente, os diagramas de atividades das ações de alterar ou gerar a imagem e alterar ou limpar parâmetros.

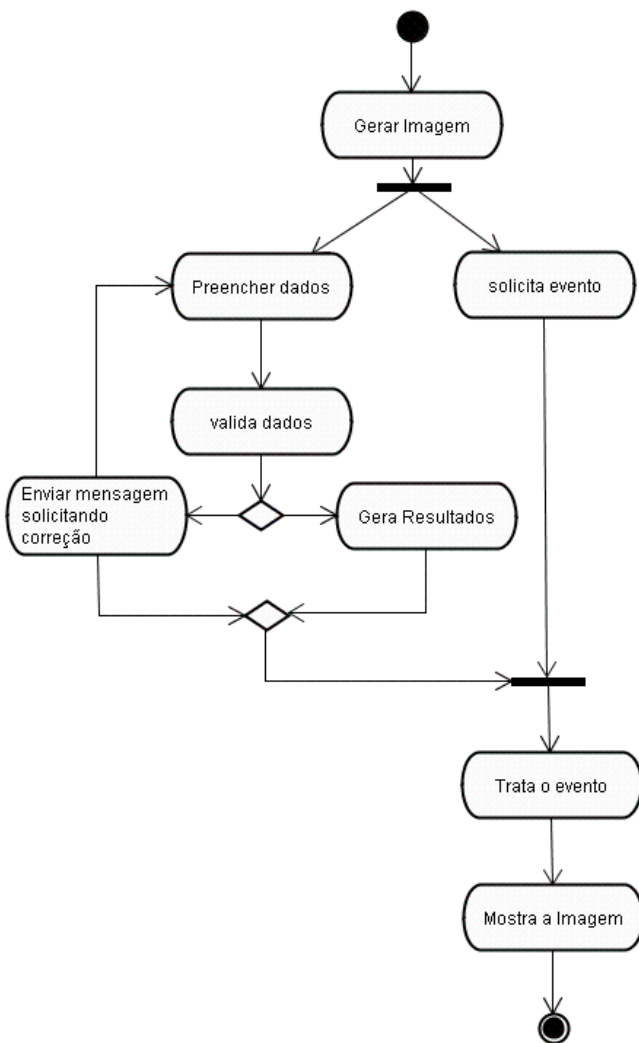


Figura 2: Diagrama de atividades do caso de uso alterar/gerar imagem.

A arquitetura do sistema proposto está baseada no padrão *Model-View-Controller* (MVC), cujo objetivo é produzir aplicativos seguros, eficientes, de fácil manutenção, reutilizáveis e em prazos cada vez menores [13]. Neste sentido, a organização desta ferramenta em camadas possibilita a independência entre os componentes propiciando eficiência, escalabilidade, reutilização e facilidade de manutenção do sistema. A arquitetura desenvolvida inclui as seguintes classes: *interface*, *imagem* e *controle*.

A classe *interface* é responsável pela interação com o usuário com a ferramenta e juntamente com a classe *controle* permitem a especificação da funcionalidade do sistema – o controle do MVC. A classe *imagem* é responsável pelo recebimento dos parâmetros informados pelo usuário e, execução de cálculos, validação de informações e geração da imagem – modelo do MVC. A imagem gerada pela classe *imagem* e os objetos da interface responsáveis pela exibição da mesma através da classe *interface* representam a visão do MVC.

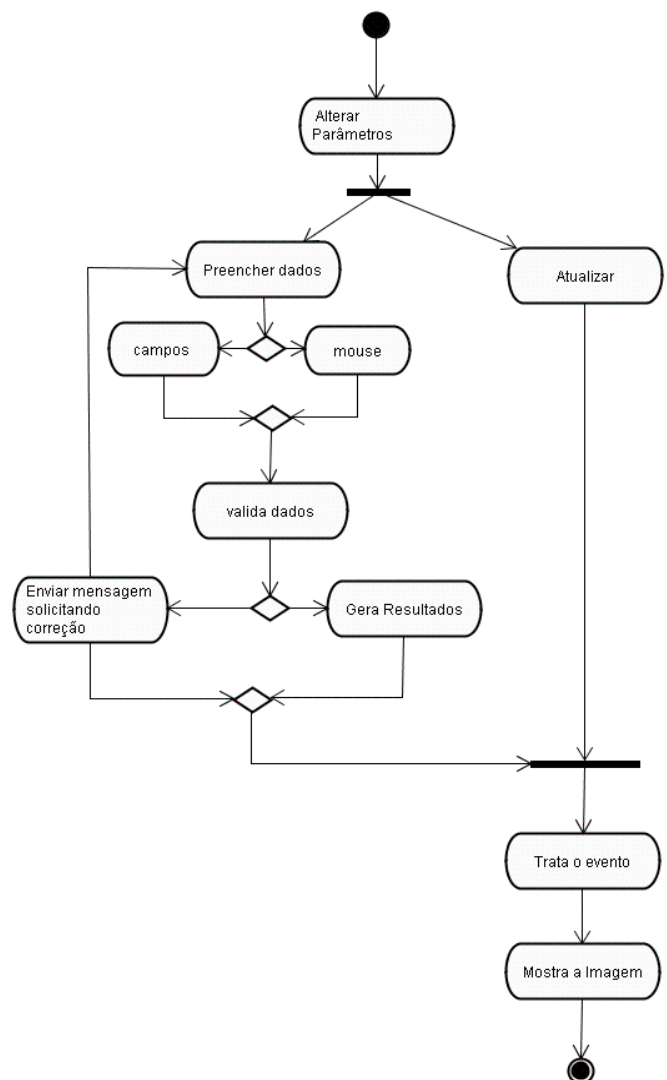


Figura 3: Diagrama de atividades do caso de uso alterar/limpar parâmetros.

C. Interface Gráfica e Funcionalidade

A ferramenta possui interface gráfica interativa que, à medida que o usuário informa valores, valida-os, acusando erros. Embora o usuário tenha liberdade para informar diferentes valores, estes devem seguir uma hierarquia de modo que os resultados possam ser calculados corretamente. Assim, a ferramenta chama a atenção do usuário para o caso deste entrar com valores inconsistentes. Alguns dos campos onde são exibidos os valores calculados pela ferramenta não permitem a entrada de dados pelo usuário.

Na primeira fase deste projeto, foi proposta a interface exibida na Fig. 4. Nela, à medida que o usuário entra com parâmetros específicos, são realizados cálculos estruturais de acordo com os regimes construtivos. A seguir, a imagem é gerada de acordo com tais cálculos e exibida ao usuário que pode, ainda, rotacionar a imagem, de modo a visualizar as laterais da edificação e/ou sua parte superior, e fazer *zoom* sobre a mesma.

A ferramenta possui diversos campos numéricos e alguns destes devem ser preenchidos pelo usuário enquanto outros a

ferramenta fornecerá como resultado Os parâmetros informados pelo usuário estão divididos em três grupos principais: *do lote*, *construtivos* e *do edifício*. Sempre que o usuário indica um parâmetro equivocado, o sistema emite uma mensagem de alerta, indicando o erro. Alguns valores são apresentados na cor vermelha a fim de chamar a atenção do usuário.

Os campos a serem preenchidos pelo usuário são:

- Valores referentes ao lote: "Largura" e "Profundidade";
- Valores referentes aos regimes construtivos: "Índice de Aproveitamento", "Taxa de Ocupação", "Recuos de Jardim", "Altura Máxima", "Altura da Divisa", "Recuos", "Largura Lateral/fundos".

O usuário deverá, também, preencher pelo menos dois campos dos parâmetros referentes ao edifício que são: "Laje", "Frente do Edifício", "Profundidade do Edifício", "Número de Pavimentos" e "Altura do Pavimento".

A partir de tais parâmetros, são calculadas e fornecidas, pela ferramenta, as informações dos campos: "Área Total", "Potencial Construtivo", "Laje Máxima", "Potencial Construtivo Realizado", "Recuos Realizados" e "Altura Realizada". São gerados, ainda, os valores dos campos referentes ao edifício que não foram preenchidos pelo usuário. O campo "Área" é calculado pela multiplicação dos valores dos campos "Largura" e "Profundidade".

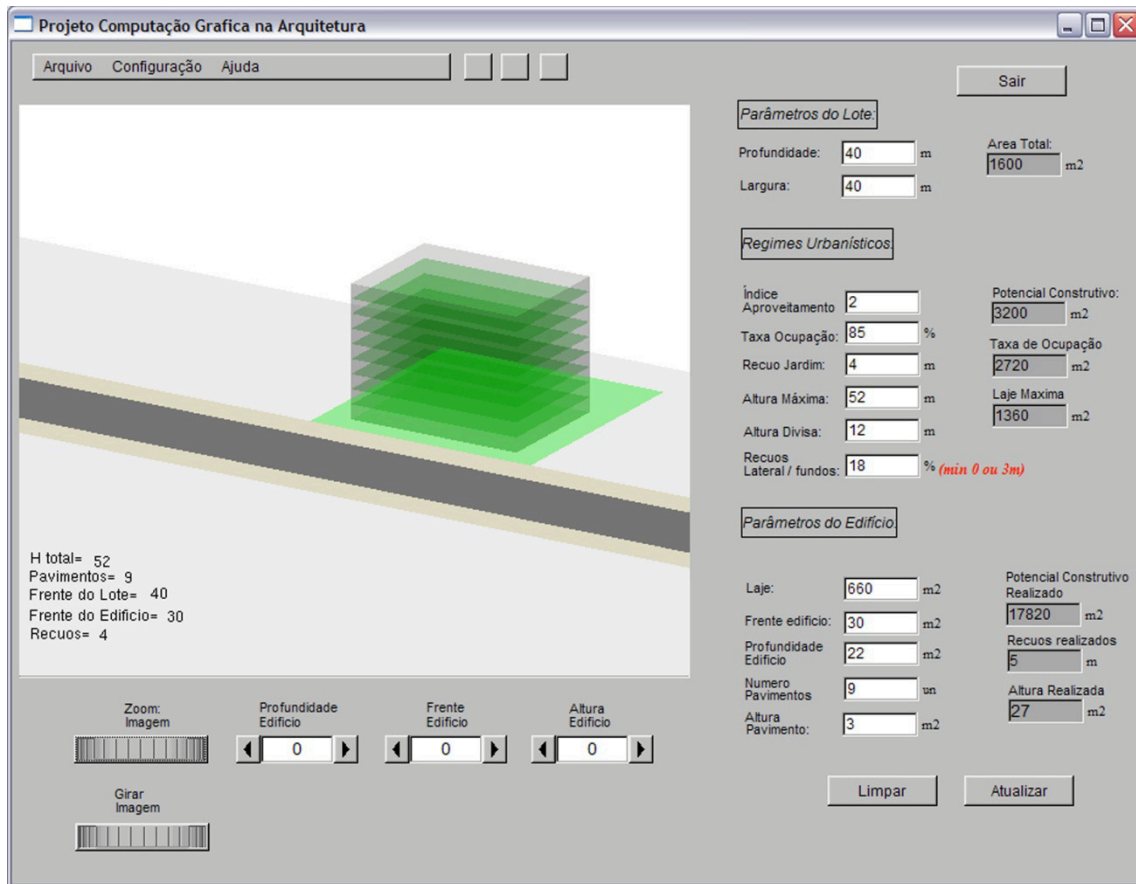


Figura 4: Interface gráfica da ferramenta proposta (versão inicial).

De modo a prover *feedback* para o usuário sobre a validade dos parâmetros informados, a ferramenta mostra mensagem de advertência caso este deixe de preencher algum ou todos os campos referentes aos parâmetros do lote e passe a preencher os campos referentes aos "Regimes Construtivos" (Fig. 5).

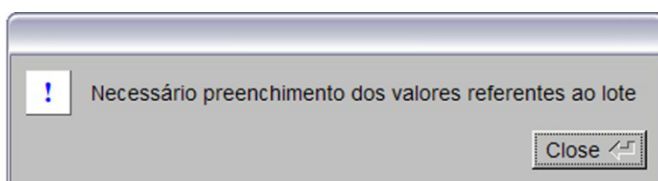


Figura 5: Mensagem de alerta para que o usuário preencha os parâmetros referentes ao lote.

O campo "Potencial Construtivo" é obtido pela multiplicação do campo "Área Total" pelo campo "Índice de Aproveitamento". Este valor será o limite máximo para o "Potencial Construtivo Realizado". Já o valor da "Laje Máxima" é obtido pela multiplicação da "Área Total" pela "Taxa de Ocupação". Este limita o valor máximo da laje que poderá ser gerada no lote estabelecido pelos parâmetros "Largura" e "Profundidade"; caso o valor da "Laje" ultrapasse o valor da "Laje Máxima", uma mensagem de advertência será mostrada para o usuário.

Após o preenchimento dos parâmetros referentes aos regimes construtivos, o usuário deverá preencher pelo menos dois campos referentes aos parâmetros do edifício. Com base nestes valores, os demais serão calculados.

O cálculo da “Laje”, caso não tenha sido preenchido, pode ser obtido a partir da multiplicação da “Profundidade Edifício” pela “Frente do Edifício” ou, caso um desses não tenha sido fornecido, pode ser obtido, também, pela divisão do “Potencial Construtivo Realizado” pelo “Numero Pavimentos”. O valor da “Frente do edifício” pode ser obtido pela divisão da “Laje” pela “Profundidade Edifício” ou pelo dobro do valor “Recuos Realizados” subtraído da “Largura” (lote). O valor da “Profundidade Edifício” é calculado dividindo-se a “Laje” pela “Frente Edifício” ou pela soma dos valores de “Recuo Jardim” com o valor dos “Recuos Realizados” e posterior subtração de tal soma pela “Profundidade” (lote).

Já o “Numero de Pavimentos” é obtido pela divisão da “Altura Realizada” pela “Altura do Pavimento”. A “Altura Realizada” é calculada pela multiplicação do “Numero Pavimentos” pela “Altura Pavimento” ou, caso não se tenha um desses dois valores, pela divisão do “Potencial Construtivo” pela “Laje Máxima” ou do “Potencial Construtivo Realizado” pela “Laje”. Caso não tenha sido informado o valor da “Altura Pavimento”, o sistema assume o padrão de 3 (três) metros.

Os “Recuos Realizados”, se não fornecidos, são calculados com base na “Altura Realizada” ou pelo valor da “Frente edifício”. Porém, existem ressalvas estipuladas pelo “Recuos lateral/fundos” e pela “Altura da Divisa” que determinam o mínimo para os “Recuos Realizados” - pode ser 0 (zero) ou 3 (três) metros e nunca entre estes valores.

Todos estes cálculos só são executados mediante o evento gerado pelo acionamento do botão “Atualizar” da interface do sistema. Tal botão aciona a verificação do preenchimento de todos os parâmetros relativos aos “Regimes Construtivos” e aos “Parâmetros do Lote”. Também são verificados quais valores dos “Parâmetros do Edifício” foram oferecidos e, a partir de então, realiza-se os cálculos.

Além destes, também se verifica se os parâmetros não ultrapassaram os limites permitidos como recuos laterais e de profundidade e, caso este fato aconteça, é enviada mensagem de advertência. Além disso, é verificado se o “Potencial Construtivo Realizado” não ultrapassou o “Potencial Construtivo” e, caso tenha acontecido, o valor do “Potencial Construtivo Realizado” será mostrado em vermelho, a fim de chamar a atenção do usuário para o erro. Por fim, além de exibir o “Potencial Construtivo Realizado”, são exibidos também os resultados dos campos “Recuos Realizados” e “Altura Realizada”.

A ferramenta oferece, ainda, botões de incremento/decremento onde os valores “Frente edifício”, “Profundidade Edifício” e “Altura Realizada” podem ser rapidamente modificados. Para tanto, basta selecionar os componentes contadores - ao lado de cada um destes campos - que as alterações nas dimensões da imagem serão geradas permitindo melhor iteração do usuário com esta.

Embora exista um menu na parte superior, este não possui opções de controles (apenas as prevê). Ao final da primeira fase do projeto, a ferramenta foi submetida a testes de avaliações com usuários e os resultados podem ser observados na próxima seção.

D. Testes Preliminares

A ferramenta oriunda da primeira fase deste projeto foi direcionada para a resolução dos cálculos e a perfeita simulação da morfologia de uma edificação, sendo, portanto, menos “urbana” e mais “arquitetônica”. Neste sentido, foi inicialmente distribuída para arquitetos de escritórios de Porto Alegre, sem que tal distribuição, no entanto, fizesse parte da pesquisa, pois ainda não houve o *feedback* destes sujeitos nem a tabulação das respostas. Entretanto, foi levada a cabo uma rápida rodada de testes preliminares em sala de aula, com seis alunos do nono e décimo semestres do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter), em Porto Alegre, como apoio ao ensino de uma disciplina que trata do conteúdo relativo à modelagem de edificações seguindo regras dos regimes urbanísticos. As bases conceituais e metodológicas, portanto, foram baseadas tanto em construções pedagógicas quanto no *feedback* de profissionais do mercado imobiliário que lidam com os processos morfológicos intra-urbanos de renovação da massa edificada e adensamento dos tecidos urbanos.

Para os testes com alunos, foi apresentada a ferramenta e solicitou-se que estes a utilizassem para algumas tarefas relativas aos regimes contrutivos. Após a sessão de uso, os sujeitos preencheram o questionário cujas respostas podem ser observadas na Tabela 1. A avaliação foi coordenada pelo professor da disciplina, co-autor deste artigo.

Além das três questões constantes da tabela, foi apresentada uma quarta pergunta: “Você sentiu necessidade de algum tipo de interação não oferecida pela ferramenta?”. Em relação a esta, observa-se que grande parte do grupo sugeriu a funcionalidade ligada à *rotação vertical da cena*. A partir de então, tal funcionalidade foi agregada à ferramenta, procurando ajustá-la à necessidade dos sujeitos.

TABELA 1
RESPOSTAS OBTIDAS JUNTO AO QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO

Perguntas	Sim	Em parte	Não
De um modo geral, você considera que a ferramenta atendeu o propósito para o qual foi criada?	6	0	0
Você considera que a interface gráfica é de fácil entendimento?	5	1	0
Em relação aos cálculos realizados, você considera que os resultados foram consistentes e de acordo com os regimes construtivos oferecidos como entrada de dados?	6	0	0

Foi sugerida, também pelos sujeitos, a possibilidade do *salvamento do arquivo* e da *exportação dos resultados* obtidos com a ferramenta de modo que estes pudessem ser utilizados em outro programa específico para projetos arquitetônicos, como uma ferramenta CAD, por exemplo.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas avaliações dos usuários, a interface gráfica foi remodelada e pode ser observada na Fig. 6. Foram adicionadas as opções “Abrir” e “Salvar” no menu “Arquivo”. Embora a

ferramenta ainda não exporte a imagem, os dados que a geram podem ser salvos em um arquivo texto (.txt) para posterior

apreciação e/ou nova geração da imagem oriunda dos mesmos.

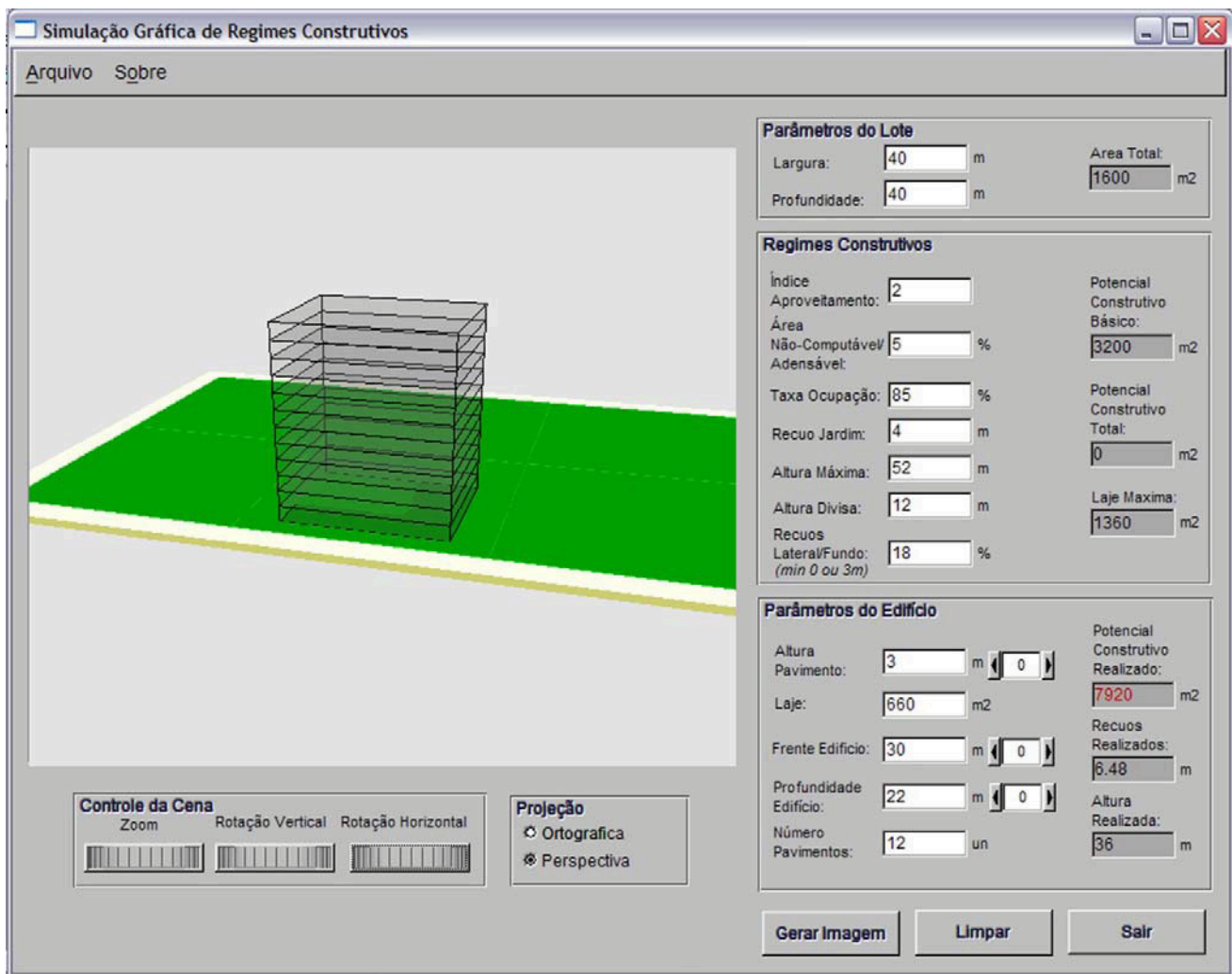


Figura 6: Interface gráfica da ferramenta proposta (versão atual).

Ainda nesta nova versão da interface, foi adicionada a possibilidade da alteração do tipo de *projeção* – ortográfica ou perspectiva – e os controles foram agrupados e reorganizados de modo a facilitar a identificação e o uso dos mesmos pelo usuário. O botão de rolagem “Girar Imagem” foi substituído e teve sua funcionalidade dividida em dois novos botões: “Rotação Vertical” e “Rotação Horizontal”. Os botões de incremento/decremento foram reposicionados junto aos parâmetros do edifício aos quais estão relacionados.

A imagem final também foi tratada, com a adição de linhas de contorno à edificação que, por sua vez, é exibida em uma quadra formada por seis lotes, já antecipando a próxima etapa que prevê a extrapolação da ferramenta de modo a torná-la capaz de operar com *conjuntos de edifícios*, direcionando definitivamente o desenvolvimento para a esfera urbana. Outro aspecto relacionado à imagem gerada foi o emprego de *iluminação*, de modo a deixar as imagens geradas mais realistas.

Por fim, percebeu-se que a versão anterior não permitia a maximização da interface gráfica de modo a aproveitar as

dimensões do monitor. Este aspecto também foi tratado nesta nova versão.

Nota-se, assim, que o objetivo de desenvolver uma ferramenta computacional (“software”) foi plenamente atingido. Ela está compilada e é funcional, rodando em computadores pessoais em diferentes plataformas, sem problemas nem inconsistências aparentes, tendo sido avaliada por um grupo de 6 (seis) alunos do Curso de Arquitetura e Urbanismo do UniRitter. Analisando as respostas dos sujeitos avaliadores, o trabalho proposto atingiu seu objetivo geral de desenvolver uma ferramenta gráfica voltada à área da Arquitetura e Urbanismo no que tange a projetos de edificações baseados em normativas construtivas. Ela permite a comunicação entre os indivíduos diretamente atuantes no ciclo de vida da edificação de forma mais eficiente e, também, especulações numéricas e morfológicas dos regimes construtivos de forma rápida e interativa.

Além de tais resultados, deve-se ressaltar que a ferramenta foi construída a partir de um estudo bastante aprofundado de técnicas de Computação Gráfica e Interação Humano-Computador.

V.CONCLUSÕES

Até o presente estágio da pesquisa, a ferramenta foi bem aceita e atendeu os objetivos a que foi proposta. Todos os alunos demonstraram satisfação com os resultados e aprovaram sua utilização no ensino, uma vez que facilita o aprendizado simulando graficamente conceitos antes tratados apenas em teoria ou através de cálculos e desenhos manuais. Resta avançar na sistematização da pesquisa de usabilidade e satisfação dos usuários profissionais, reforçando a interação entre os pesquisadores e estes agentes reais da construção da cidade urbano em busca de um retorno mais consistente e abalizado para o desenvolvimento da ferramenta.

Uma melhor compreensão dos processos cognitivos implícitos nas tarefas de especulação morfológica, buscando compreender a complexa construção mental que leva o arquiteto a uma determinada solução espacial após realizar diversas rodadas de simulação é o desafio que ainda se impõe. Porque substituir o processo manual - rústico porém eficiente - por um *software* que, talvez, não acompanhe todas as etapas e ramificações do raciocínio projetual do arquiteto, é a pergunta que ainda se impõe. Neste sentido, estuda-se a possibilidade da aplicação de conceitos ligados a *ontologias* e *Visualização de Informações*, subárea da Computação Gráfica, a partir dos requisitos levantados neste estudo. Busca-se, assim, apresentar características de dados com mais eficiência, permitindo a visualização de relacionamentos relevantes para apoio à tomada de decisão relacionada ao planejamento urbano.

Por outro lado, pretende-se tratar também da escala urbana propriamente dita, lidando com quarteirões com diferentes formatos de lotes, gerando diferentes edificações ao mesmo tempo e permitindo a interação individual com estas. Outra melhoria refere-se à possibilidade de incluir *acesso à banco de dados* de modo que as definições de um plano diretor de uma determinada cidade possam ser diretamente buscados de sua fonte original e aplicados à imagem gerada, sem a necessidade de *inputs* via teclado. Assim, o projeto de pesquisa prevê novas funcionalidades, entre elas a possibilidade de dimensionamento e redimensionamento do quarteirão e sua subdivisão em lotes (redesenho da “malha fundiária”), bem como o dimensionamento e redimensionamento dos lotes, individualmente ou em conjunto.

Nesta etapa avançada, se pretende que a modelagem do envelope morfológico das diversas edificações seja feita de duas maneiras: *em grupo*, através de regras gerais únicas, as quais devem gerar um conjunto edificado homogêneo; ou através de *regras específicas para cada lote*, que devem dar origem a quarteirões híbridos, heterogêneos. Os *outputs* numéricos deste novo estágio da ferramenta são a *taxa de ocupação real do quarteirão* (corresponde ao percentual de impermeabilização do solo), a *área total construída do quarteirão* (corresponde ao índice de aproveitamento real ou à massa edificada), a *população total do quarteirão* (medida em economias ou em habitantes) e a *densidade construída do quarteirão* (medida relativa, calculada em economias por hectare ou ECO/HA). Outros recursos em desenvolvimento são a possibilidade de substituição de edificações já simuladas, individualmente ou em grupo, limpando apenas um lote do conjunto do quarteirão e mantendo os demais.

REFERÊNCIAS

- [1] Silva, I.C.S. Aprendendo Computação Gráfica com OpenGL e Blender. Porto Alegre, Ed. UniRitter, 2007.
- [2] H. Rocha, M. Baranauskas. Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador. São Paulo - Escola Computação: IME - USP, 2000.
- [3] Freitas, C.M.D.S. Visualização de Informações e a Convergência de Técnicas de Computação Gráfica e Interação Humano-Computador. Jornadas de Atualização em Informática (JAI), XXVII Congresso da SBC, 2007, 45p.
- [4] N. Covas, A. Belk. Tecnologia e Qualidade em Sistemas. Revista Qualidade na Construção - SindusCon/SP - n° 19 - Ano II - 1999.
- [5] E. Angel. Interactive computer graphics: a top-down approach with OpenGL. Reading, MA: Addison-Wesley, Third Edition, 2003.
- [6] J.D. Foley et al. Computer Graphics – Principles and Practice. Addison-Wesley, 1990.
- [7] A. McNamara. Visual Perception in Realistic Image Synthesis. Computer Graphics Forum, v. 20, n. 4, p. 221-224, 2001.
- [8] J.R. Kós, J. Barki, R. Segre, A. Borde, N.V. Boas. Investigação Digital dos Projetos do Mesp – A Busca dos Vestígios do Modernismo Braisleiro. Disponível em: <<http://cumincades.scix.net/data/works/att/fa3a.content.pdf>>. Último acesso: Maio de 2008.
- [9] G. Abowd et al. Structuring the Space of Interactive Systems Properties. In: Engineering of Human-Computer Interaction, EHCI, 1992. Proceedings... Amsterdam: North Holland, 1992.
- [10] J. Nielsen. Usability Engineering. Boston, MA: Academic Press, 1993.
- [11] I. Silva, C. Freitas. Avaliação de Ferramentas de Busca na Web baseadas em Visualização de Informações. In: Simpósio de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC), 2006, Natal - RN. Proceedings of Simpósio de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC), 2006.
- [12] B. Turkienicz, B. Gonçalves, P. Grazziotin. CityZoom: A Visualization Tool for the Assessment of Planning. International Journal of Architectural Computing, Volume 6, Number 1, pp. 79-95(17), 2008.
- [13] S. Burbeck. Applications Programming in Smalltalk-80TM: How to use Model-View-Controller (MVC).1992. Disponível em: <<http://st-www.cs.uiuc.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html>>. Último acesso: Setembro de 2008.

Isabel Cristina Siqueira da Silva é técnica em Desenho Industrial pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS), bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Mestre em Ciência da Computação, com ênfase em Computação Gráfica, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente, atua como docente na Faculdade de Informática do Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter) e do curso de Ciência da Computação da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), campus Gravataí, onde desenvolve atividades na graduação, pós-graduação, pesquisa e extensão, com diferentes trabalhos e um livro sobre Computação Gráfica publicados. Suas principais áreas de interesse são: Computação Gráfica – principalmente as subáreas de Visualização de Informações e Animação 3D -, Interação Humano-Computador, Web Design, Ontologias e Modelagem Conceitual.

Currículo do sistema Lattes/Cnpq: <http://lattes.cnpq.br/7221692456270122>
isabel.siqueira@gmail.com

Júlio Celso Borello Vargas é Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1993) e mestre em Planejamento Urbano e Regional pelo PROPUR/UFRGS (2004). É professor titular do Centro Universitário Feevale, desenvolvendo atividades na graduação, pós-graduação, pesquisa e extensão, com diversos trabalhos publicados. Tem atuação privada na área da Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em planejamento e projeto do espaço urbano e regional, com vários planos diretores elaborados no estado do Rio Grande do Sul. Presta consultoria a órgãos de governo municipal, estadual e federal em áreas como patrimônio histórico e meio-ambiente, articulando a ciência urbanística com recursos computacionais avançados. Atualmente é membro do Conselho Superior do Instituto dos Arquitetos do Brasil (IAB/RS).

Currículo do sistema Lattes/Cnpq: <http://lattes.cnpq.br/6198461567257652>
jcelso@arqs.com