

# Afterworld:

geração procedural de cidades para jogos eletrônicos

**aluno:**

Lucas Ribeiro Rodrigues

**orientadora:**

Noni Geiger

Escola Superior de Desenho Industrial  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, 2013



## **Agradecimentos:**

A meu pai e a minha mãe por me levarem em aventuras pelo mundo dos jogos na minha infância. Muito obrigado pelo carinho.

A Maisa Luna pelo seu companheirismo nos momentos mais complicados e nos mais legais.

A Pedro Boechat pela amizade e trabalho em equipe sem iguais.

A Peter Dam e a Paula Ceccon por unirem esforços comigo em nossa paixão pelo desenvolvimento de jogos.

Aos orientadores da turma Freddy Van Camp, Noni Geiger, Pedro de Souza e Zoy Anastassakis

A Ana Clara Giro pela paciência de sanar minhas dúvidas sobre arquitetura.



# Sumário

Resumo .....	8
Palavras Chave .....	8
Notas Iniciais .....	9
Motivação Pessoal pelo Projeto .....	9

## Parte 1 - Idealização

1.1. Relação Clássica Entre Utopia e Cidade .....	11
1.2. Narrativa Pessoal e Utopia .....	11
1.3. Uma idéia Geral do Jogo Afterworld .....	11
1.4. Uma Visão Geral da Geração Procedural de Cidades .....	13

## Parte 2 - O Processo

2.1. Estudo da Cidade.....	15
2.1.1. O Tempo.....	15
2.1.2. Fatores Socio-Econômicos.....	15
2.1.3. Malha Rodoviária.....	15
2.1.4. Fatores Culturais.....	16
2.2. Estudo de Arquitetura.....	16
2.2.1. Estilos Arquitetônicos.....	16
2.2.2. Elementos Arquitetônicos.....	19
2.2.3. Ritmo.....	22
2.2.4. Cor e Textura.....	22
2.2.5. Elementos de Telhado.....	22
2.2.6. Elementos de Rua.....	23
2.3. Estudo da Destruição.....	23
2.3.1. Níveis de Destruição.....	24
2.3.2. Intensidade da Explosão.....	26
2.3.3. Destruição a longo prazo.....	26
2.4. O Motor Unity.....	28
2.5. Produção dos Elementos Tridimensionais.....	30
2.5.1. Modelagem.....	30
2.5.2. Unwrap.....	32
2.5.3. Texturização.....	33

## Parte 3 - Resultados

3.1. Problemas e Desafios.....	35
3.1.1. Performance versus qualidade.....	35
3.1.2. Conteúdo estático contra conteúdo dinâmico.....	35
3.1.3. Conteúdo de uso exclusivo.....	36
3.1.5. Construir para Destruir.....	36
3.1.4. Abordagem Específica de estilos arquitetônicos contra gramática de formas.....	36
3.1.4. Abordagem Específica de estilos arquitetônicos contra gramática de formas.....	37

3.2. Resultados Visuais.....	37
3.3. Próximos Passos.....	39
3.3.1. Popular a Cidade.....	39
3.3.2. Gameficar.....	39
3.3.3. Avaliação de destino e distribuição do projeto.....	39

## **Parte 4 - Elementos de Fachada**

4.1. Art Nouveau.....	42
4.2. Art Deco.....	45
4.3. Browstone.....	49
4.4. Chicago School.....	53
4.5. Modernista.....	56
4.6. International.....	59

## **Parte 5 - Glossário**

5.1. Geração Procedural de Conteúdo.....	63
5.2. Gramática de Formas.....	63
5.3. Low Poly.....	63
5.4. Fps (frames por segundo) / Cadência.....	63
5.5. Draw Call.....	63
5.6. Draw Call Batching.....	64
5.7. Mesh Morphing.....	64
5.8. Motor de jogo.....	64
5.9. Jogabilidade.....	64
5.10. Tile.....	64
5.11. Mods.....	64

<b>Parte 6 - Referências</b> .....	66
------------------------------------	----



## Resumo

Uma das grandes preocupações que um desenvolvedor de jogos deve ter é que cada experiência de jogo crie uma narrativa única para o jogador. Uma das maneiras de prover isto é criar um espaço de jogo original a cada partida. Por isso, alinhado com um projeto maior chamado Afterworld, criamos um sistema de geração de cidades randômicas. Para designar esse tipo de aleatorização dentro de um conjunto de regras podemos usar o termo geração procedural de conteúdo [1], ou seja, este projeto é um gerador de cidades virtuais procedurais [1] para ser utilizado em um jogo de maior escopo.

## Palavras Chave

Cidade  
Geração Procedural  
Arquitetura  
Jogo  
Apocalipse

## Notas Iniciais

Como toda área de interesse, desenvolvimento de jogos possui termos especiais para designar determinados conceitos. Estes termos estão explicados na parte 6 deste relatório, denominada glossário. É recomendável consultar o glossário durante a leitura do projeto. Todos os termos que são referenciados no glossário estão marcados com [x], onde x é o número de referência no glossário.

## Motivação pessoal pelo projeto

Tendo nascido em 1990, sou da geração que viveu em sua infância a transformação do nosso mundo de analógico para digital. Cresci em frente ao computador, desde cedo interessado na criação de conteúdo exclusivo. Inicialmente me diverti em editores de mapa como de Age of Empires ou Starcraft, e posteriormente no RPG Maker. Compartilhava com meus amigos missões originais feitas nessas plataformas. Paralelamente, narrei aventuras de RPG de mesa para meus amigos durante muitos anos.

Porém, no ensino médio entrei em um colégio mais desafiador, focado em criar engenheiros e médicos, foi uma época em que a criatividade não tinha muito espaço, tanto pela perspectiva profissional dos colegas que me cercavam como pela exigência dos estudos. Entrei para a ESDI e simultaneamente para UFRJ em engenharia naval. Ficou rapidamente claro que eu não conseguiria lidar com a vida de engenheiro, a objetividade da área não se diferenciava muito do ensino médio, onde seus passos já estão traçados e as tarefas eram desinteressantes pela sua simples solução: estudar.

Na ESDI fui exposto novamente aos ares criativos que ficaram para trás desde o ensino fundamental. Cercado de amigos que se interessavam pelo trabalho criativo, me dediquei ao estudo de Ilustração, animação e modelagem tridimensional. Munido dos conhecimentos e ferramentas necessários para trabalhar na minha área de interesse, me uni ao meu amigo programador Pedro Boechat dos tempos de RPG de mesa e um novo amigo Peter Dam e voltei a trabalhar em jogos. Juntos tivemos excelentes experiências de trabalho, tendo sucesso em um concurso nacional de desenvolvimento de jogos. Decidi então como projeto final trabalhar com a parte mais importante deste jogo, o sistema de geração de cidades procedurais.

# Parte 1 - Idealização

Na primeira parte deste documento irei descrever algumas das idéias por trás das decisões tomadas ao longo do projeto. Além disso irei relacionar a proposta de tema, Utopia, com o conceito do projeto.

## 1.1. Relação Clássica entre Utopia, Cidade e o Projeto

A palavra utopia é formada pela união dos radicais gregos οὐ, “não” e τόπος, “lugar”, portanto, o “não-lugar” ou “lugar que não existe”. O espaço virtual do projeto é talvez uma encarnação bem digna dessa definição original. Outra questão interessante é que a Utopia é um conceito relativo, cada indivíduo poderá ter a sua definição do que é uma utopia. Em uma cidade virtual gerada proceduralmente [1], essa questão pode ser tratada diretamente e de maneira satisfatória, conforme cada especificação do espaço urbano pode estar submetida a um parâmetro ajustável pelo usuário ou desenvolvedor.

Embora o conceito de Utopia também passe pela questão de uma sociedade ou sistema político, a cidade é representação visual clássica do conceito.

## 1.2. Narrativa Pessoal e Utopia

Um dos maiores diferenciais dos jogos eletrônicos em relação a outras formas de entretenimento como filmes e livros é a capacidade de criar narrativas únicas a cada partida de cada jogador.

O conteúdo de uma partida pode ser único em diversas instâncias: As configurações iniciais do espaço de jogo podem ser diferentes a cada vez; O input do jogador pode moldar a narrativa e o mundo ao longo de uma partida; A inteligência artificial pode apresentar um comportamento errático que altera a narrativa do jogo.

Embora o jogo completo Afterworld não esteja sendo apresentado como projeto final, é interessante observar a sua relação com o tema Utopia. Como utopia é um conceito relativo e cada indivíduo traz sua própria definição. Colocar o jogador em uma posição de construir uma nova sociedade é criar uma jornada de autodescobrimento sobre o que é a sua utopia pessoal.

## 1.3. Uma ideia geral do jogo afterworld

Muito pouco do que vai ser descrito a seguir pode ser observado no gerador de cidades. Mas, para melhor compreender as decisões feitas no projeto de gerador de cidades é importante ter uma visão geral do jogo onde ele estará inserido.

Afterworld é um jogo de simulação que aborda a interação entre indivíduos e grupos sobreviventes de uma calamidade em um espaço urbano. O jogador se verá no papel de um líder tentando estruturar uma sociedade nos escombros de uma cidade. Os principais aspectos de jogo serão:

### **1.3.1. Se apropriar de estruturas e lhes dar novas funções**

Em uma situação extrema, o improvisado é um método essencial de sobrevivência. Dar novas utilidades para determinadas estruturas permite que um prédio abandonado se transforme em um dormitório ou que o telhado de um edifício se transforme em uma destilaria de água contaminada ou mesmo que um campo de futebol se transforme em uma plantação.

### **1.3.2. Moldar as características de sua nova sociedade através de decisões políticas e legislativas**

Esta é a parte pertinente a moldar a estrutura social do seu grupo de sobreviventes. Caberá ao jogador organizar seu povo em grupos, dando a estes grupos líderes e funções. Através de decisões legislativas, estes grupos irão agir de maneira diferenciada. Por exemplo, você pode criar um grupo de vigias e criar uma lei os permite acesso à armas de fogo. Estas decisões irão caracterizar a sua sociedade, o que irá torná-la mais ou menos atraente para sobreviventes buscando um novo grupo para aderir.

### **1.3.3. Estabelecer relações pacíficas ou agressivas entre grupos de sobreviventes**

Outros líderes de inteligência artificial também estarão formando suas pequenas sociedades. Algumas serão apenas gangues, mas outras irão rivalizar o seu grupo em tamanho. Será necessário descobrir o lugar do seu grupo no contexto político entre essas novas sociedades.

### **1.3.4. Construir um sistema de produção e troca de recursos que permita a sobrevivência da sua sociedade**

Os recursos de uma cidade são finitos, as lojas e mercados não terão enlatados o suficiente para todos por muito tempo. Seu grupo de sobreviventes terá de descobrir sua forma de sustento a longo prazo, seja através de um método econômico, beligerante ou produtivo.

### **1.3.5. Câmera**

Outro aspecto importante do jogo é a sua câmera. Cada disposição de câmera exige mais ou menos detalhamento de determinados objetos. O jogo é visto de uma perspectiva aérea, remetendo a visão isométrica tradicional dos jogos de estratégia, mas ainda assim uma perspectiva tridimensional.

## 1.4. Uma Visão Geral da Geração Procedural de Cidades

A geração procedural [1] de cidades não é um campo de pesquisa novo. Existem diversos papers que tratam do assunto. A maioria das soluções utiliza uma técnica chamada gramática de formas [3], onde através de um conjunto de regras, a máquina gera tanto a geometria dos elementos de fachada que ficarão sobre os prédios como os próprios formatos dos edifício. Exemplos de papers que trazem estas soluções são: Procedural Modeling of Buildings de 2009 e Instant Architecture de 2003.

A abordagem do Afterworld, porém, é diferente. Os elementos tridimensionais são pré-produzidos em um software de modelagem tridimensional (3d studio max) e depois catalogados dentro de um estilo arquitetônico. Quando os prédios são gerados estes elementos são chamados conforme as regras pré-estabelecidas do seu estilo arquitetônico e dispostos na fachada.

Nossa abordagem é menos poderosa conforme é limitada pelo esforço artístico de produzir estes elementos. Mas, ao mesmo tempo, ela talvez seja a mais adequada para jogos eletrônicos pelo seu tempo de geração mais rápido e, possivelmente pela sua execução em tempo real mais eficiente devido aos elementos pré-produzidos terem sido otimizados em sua confecção.

## Parte 2 - Desenvolvimento

Nesta parte do documento irei apresentar os estudos que levaram às decisões de projeto e todo o método de criação do conteúdo artístico do gerador de cidades. Também irei apresentar os métodos utilizados pelo programa para gerar os elementos da cidade.

## 2.1. Estudo da Cidade

### 2.1.1. A história da cidade:

Um dos principais fatores que determinam a visualidade de uma cidade é a sua história. Todas as decisões de urbanismo e arquitetura são tomadas em um contexto de época. Ruas mais estreitas estão associadas ao urbanismo antigo, ao passo de que ruas mais largas são típicas de obras mais modernas. Estilos arquitetônicos como Art Nouveau e Art Deco estão associados ao início do século XX, ao passo que o estilo Modernista e Internacional se tornam presentes à partir da década de 1940.

A temporalidade da cidade se traduz no posicionamento dessas diferenciações de época ao longo da cidade. Por exemplo, no centro da cidade podemos encontrar estruturas mais antigas. Se afastando do centro da cidade encontramos estilos cada vez mais modernos

No gerador de cidades, usamos um mapa de cores para distribuir os estilos arquitetônicos ao longo do cenário. Quando um bloco de prédios é gerado ele irá avaliar quais áreas do mapa temporal estão atravessando a sua área. Dependendo das intercessões do mapa de cores com o bloco, diferentes estilos serão utilizados.

### 2. 1. 2. Fatores socio-econômicos:

Dentro do espaço de uma cidade existem habitantes de diversas camadas sociais, por consequência determinadas configurações de urbanismo e arquitetura estão associadas a esse fator. Exemplo clássico é o contraste entre favelas e subúrbio rico. Nesta primeira encarnação do gerador de cidades, não levaremos em conta este tipo de fator.

### 2.1.3. A malha rodoviária:

A malha rodoviária de uma cidade está intrinsecamente ligada com diversos fatores de uma cidade. O tamanho de uma via está relacionado ao número de pessoas que por ela podem transitar. Por isso, é mais provável encontrar edifícios maiores associados às vias principais. Questões históricas também são associadas. Malhas rodoviárias antigas normalmente contam com ruas menores e uma disposição mais irregular. Grandes renovações urbanas do século XIX normalmente alargavam as ruas, como por exemplo a renovação de Paris de Haussmann. Neste projeto porém, não iremos, por enquanto, incluir a criação de uma malha rodoviária muito irregular. Teremos blocos de edifícios de tamanhos diferentes e desalinhados, mas todas as vias tem a mesma largura e terão uma angulação perpendicular.

#### 2.1.4. Fatores culturais:

Com o passar do tempo, a arquitetura e o urbanismo passaram por um processo de internacionalização, diluindo arquitetura tradicional e culturalmente marcante. Porém, ao longo do século XX, edifícios com uma marca cultural forte continuaram sendo construídos. Por exemplo, no Japão encontramos as antigas construções estilo *Machiya* que foram refeitos em concreto através da *kanban kenchiku*, enquanto na Turquia temos os movimentos nacionais de arquitetura.

Utilizar qualquer destes estilos com forte marca cultural claramente posiciona a cidade dentro de um país ou região específica do mundo. Nesta iteração atual do projeto incluímos dois estilos de arquitetura norte-americanos culturalmente marcantes: Chicago School e Brownstone.

## 2.2. Estudo de Arquitetura

### 2.2.1. Estilos Arquitetônicos

Para incorporar ao projeto, foi feita uma seleção de estilos arquitetônicos bastante presentes em cidades ocidentais.

Todo estilo arquitetônico carrega consigo diversas regras e uma biblioteca própria de elementos. Para compreender como estes são organizados é importante destrinchar cada regra que o compõe. Suas características são:

**Nome:** referência do estilo arquitetônico

**Texturas:** como serão as superfícies não ocupadas por elementos de fachada

**Cores:** quais são as cores possíveis para o edifício. Existe um conjunto de cores diferentes para cada textura

**Elementos:** quais são os elementos de fachada deste estilo arquitetônico

**Detalhes:** quais são os detalhes especiais desta fachada

**Unidade de operação:** o quanto uma operação de extrusão ou de intrusão irá afetar a fachada

**Lista de matrizes de elementos:** quais são os padrões possíveis de elementos

**Lista de matrizes de detalhe:** quais são os padrões possíveis de detalhes a serem sobrepostos sobre os elementos

**Lista de matrizes de operação:** quais são os padrões de operação de extrusão ou de intrusão que as fachadas sofrem

**Largura de *tile*[10]:** qual a largura de um *tile*

**Altura de *tile* [10]:** qual a altura de um *tile*

**Alturas mínima e máxima:** quais as alturas mínima e máxima de um edifício deste estilo específico.

**Profundidades mínima e máxima:** quais as profundidades mínima e máxima de um edifício deste estilo específico.

**Larguras mínima e máxima:** quais as larguras mínima e máxima de um edifício deste estilo específico.

**Configuração de porta:** quais são os tipos de disposição de porta que este estilo arquitetônico possui ou mesmo se este estilo arquitetônico possui uma porta única ou uma fachada repleta de entradas.

**Configurações de térreo:** quais os possíveis elementos que ocupam o térreo de edifício. Exemplos incluem porões salientes, pilotis ou mesmo primeiros andares com pé direito duplo.

**Configuração de quina:** Como são as texturas de quina. se elas são diferenciadas ou não.

**Configuração de topo:** Se existe ou não algum tipo específico de estruturas no telhado

Nesta versão do projeto, existem seis estilos arquitetônicos:

Brownstone

Art Nouveau

Art Deco

Chicago School

Modernista

Internacional

### 2.2.2. Elementos Arquitetônicos

Para poder criar o sistema de geração de fachadas, foi necessário estabelecer quais são os tipos genéricos de elementos arquitetônicos que podem ser colocados em uma fachada. Alguns destes elementos são comuns a todos os estilos arquitetônicos, outros são pertinentes a apenas alguns estilos.

Podemos separar os elementos arquitetônicos entre aqueles que possuem uma posição fixa e outros de posição variada. Isso é importante para determinar quais elementos estarão sujeitos a regras de ritmo de padrões de disposição de elementos na fachada. Existe também um terceiro tipo de elemento arquitetônico, aqueles que são circunstanciais. Elementos circunstanciais aparecem quando uma generalização não satisfaz uma

situação. Por exemplo, quando um prédio está em uma esquina, a entablamento deixará um vão entre uma fachada e a outra do prédio. A quina de entablamento surge então para preencher esse vácuo, aparecendo como um elemento circunstancial.

Cada elemento possui uma série de informações que o definem, este é um exemplo de uma janela do estilo art nouveau:

**Identificador(qual o nome a ser referenciado pelo programa durante a criação da fachada) :** artnouveau\_window

**Caminho do modelo ( em qual pasta de dados está armazenado o modelo):** facade/artnouveau/window

**Categoria( define que tipo de modelo é este):** facade\_item

**Símbolo na matriz(qual o símbolo que a representa nas matrizes de elementos):** w

**Índice na matriz (para criar variações utilizando o mesmo símbolo: 1**

**Tamanho ( qual a ocupação de tiles de fachada): 1**

**Permite detalhes (se a matriz de detalhes irá poder posicionar detalhes sobre o elemento ou não):** sim

**Varição de Topo (qual modelo deverá substituir este elemento caso ele esteja no alto da fachada):** artnouveau\_window\_top

**Varição de Base (qual modelo deverá substituir este elemento caso ele esteja na base da fachada, sem contar o térreo):** artnouveau\_window\_bottom

**Estilo ( a qual estilo arquitetônico este elemento está associado):**artnouveau

### 2.2.2.1. Elementos de Posição Variada:

#### 2.2.2.1.1. Janela

O elemento mais presente, cada estilo arquitetônico possui uma variedade de tipos de janela.

#### 2.2.2.1.2. Janela saliente

Um conjunto de janelas ocupando uma saliência na fachada.

#### 2.2.2.1.3. Varanda

Plataforma suspensa e saliente das paredes de um edifício. É ligada ao edifício por uma porta. É limitada por uma grade ou balaústres, com parapeito.

#### 2.2.2.1.4. Coluna

Extrusões que marcam a face de um edifício.

#### 2.2.2.1.5. Módulo

Bastante comum no estilo modernista. Ocupa todo um *tile*[10] de fachada. É normalmente um conjunto de elementos como varandas, colunas, portas e paredes.

## **2.2.2.2. Elementos de Posição Fixa**

### 2.2.2.2.1. Entablamento

O cabeçalho de um edifício. Se destaca da fachada.

### 2.2.2.2.2. Parapeito

Cerca o telhado de um edifício para proteger transeuntes.

### 2.2.2.2.3. Quina

alguns estilos arquitetônicos contam com quinas diferenciadas. Seja por uma textura diferente ou colunas extrudadas.

### 2.2.2.2.4. Térreo

Alguns estilos arquitetônicos contam com um térreo diferenciado por uma área mais extrudada, muitas vezes contando com janelas ou portas em disposições específicas e uma textura diferenciada.

### 2.2.2.2.5. Pilotis

Exclusivo do estilo modernista. É formado por um conjunto de colunas que sustenta o prédio, criando uma espécie de vão em seu primeiro andar.

### 2.2.2.2.6. Porão

Bastante presente no estilo Brownstone.

## **2.2.2.3. Elementos circunstanciais:**

### 2.2.2.3.1. Quina de entablamento

Surge em prédios de esquina para unir os entablamentos de duas fachadas

### 2.2.2.3.2. Quina de Térreo

Surge unindo as fachadas em prédios que possuem um térreo saliente.

### 2.2.2.3.3. Janela de Topo

Substitui algumas janelas que têm uma aparência diferente quando no topo de uma fachada.

### 2.2.2.3.4. Janela de Base

substitui algumas janelas que têm uma aparência diferente quando na base de uma fachada.

### 2.2.2.3.5. Frontão

Elemento decorativo que fica acima do entablamento. é normalmente chamado por algum tipo específico de janela ou janela saliente que esteja abaixo.

### 2.2.3. Ritmos e Padrões:

“Quase todos os tipos de edifícios incorporam elementos que são repetitivos por natureza. (...) Janelas e Portas repetidamente perfuram as superfícies de um prédio para permitir que ar, luz, visão e pessoas acessem seu interior.”

- *architecture, form, space and order* - D.K.Ching

Toda fachada é dividida em *tiles* [10], cada estilo arquitetônico possui um tamanho de *tile* específico.

Os elementos arquitetônicos de posição variada em uma fachada são organizados através de um sistema de matrizes. Quando uma fachada é gerada, ela poderá consultar até três listas matrizes de tipos diferentes e misturar seus resultados. Estas são:

#### 2.2.3.1. Matriz de Elementos:

Utilizada para determinar o posicionamento de elementos de posição variada como: janelas, varandas, colunas etc.

#### 2.2.3.2. Matriz de Detalhes:

Utilizada para determinar o posicionamento de elementos de detalhamento como: ares condicionados, toldos, jardineiras etc.

#### 2.2.3.3. Matriz de Operações:

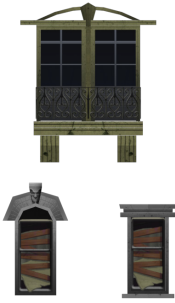
Utilizado para deformar espacialmente a fachada, muito presente no estilo internacional. Existem apenas dois tipos de operação que ocupam estas matrizes: extrusão e intrusão.

Cada estilo arquitetônico conta com um conjunto de matrizes de letras e números que representam elementos arquitetônicos. É muito importante para que a cidade pareça realista que estas regras não se tornem óbvias conforme o usuário as observa em prédios diferentes. Para combater isto existem duas soluções: a mais óbvia é que cada lista de matrizes conte com bastantes opções; a outra solução é que como um edifício está submetido a ter potencialmente três matrizes diferentes atuando sobre ele simultaneamente, a ilusão de realismo é aumentada, visto que o número de combinações aumenta consideravelmente.

Apenas são aplicadas em um edifício matrizes menores ou do mesmo tamanho em *tiles* que ele. Quando a matriz é menor, ela é então escalada para encaixar na área destinada.

Na página ao lado, podemos observar um exemplo de operação de criação de fachada:

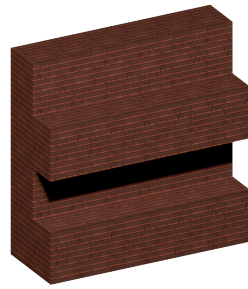
fachada original  
6 x 4 (tiles)



matriz de elementos

b2 b2  
w1 w2

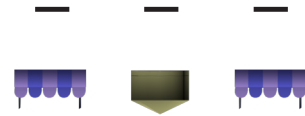
b2 = balcony  
w1 = janela tipo 1  
w2 = janela tipo 2



matriz de operações

n0 n0  
e2 e2  
n0 n0  
e2 e2

n0 = nenhuma operação  
e2 = extrusão 2 tiles



matriz de detalhes

n0 n0 n0  
a1 b1 a1

n0 = nenhum detalhe  
a1 = toldo tipo 1  
b1 = varanda tipo 1

aplicações das matrizes sobre a fachada



b2n0n0	b2n0n0	b2n0n0	b2n0e0	b2n0n0	b2n0n0
b2e2n0	b2e2n0	b2e2n0	b2e2n0	b2e2n0	b2e2n0
w1n0a1	w1n0a1	w1e0b1	w2e0b1	w2e0a1	w2e0a1
w1e2a1	w1e2a1	w1e2b1	w2e2b1	w2e2a1	w2e2a1

união das três matrizes sobre a fachada

### 2.2.4. Cor e Textura:

Cada estilo arquitetônico possui um conjunto de texturas pertinentes a si. Dentro de um tipo de textura, existe um conjunto de cores possíveis para serem sorteadas. Quando um edifício é gerado, uma textura e uma cor são escolhidas aleatoriamente dentro de um conjunto de possibilidades bem delimitadas de acordo com o estilo. Estas cores foram escolhidas a partir de fotografias de referência de edifícios dos estilos escolhidos.

Todas as texturas são produzidas em preto e branco e só recebem cores quando o edifício é gerado.



Dois edifícios com mesmas texturas, mas cores diferentes.

### 2.2.5. Elementos de Telhado:

Tendo uma visão superior dos prédios, os telhados acabam ocupando mais espaço de cena do que um transeunte normalmente veria. Por isso, é importante valorizar o telhado com texturas e objetos apropriados. Estes objetos não estão associados a elementos arquitetônicos específicos, mas são restritos entre os estilos. Por exemplo, chaminés podem ser encontradas em edifícios mais antigos, enquanto caixas d'água podem ser encontradas em quase todos os edifícios. A lista de objetos produzidos até esta iteração do projeto:

2.2.5.1. chaminé

2.2.5.2. caixa d'água

2.2.5.3. ventilação

2.2.5.4. antena



### 2.2.6. Elementos de Rua:

Além dos objetos pertinentes aos edifícios, as ruas também caracterizam fortemente a visualidade de uma cidade. Em um jogo em primeira pessoa este espaço seria o mais importante e deveria ser especialmente valorizado. No caso deste projeto, onde a visão é aérea, este espaço se torna menos importante, embora deva receber atenção devida mesmo assim. Nesta iteração não iremos colocar estes itens. Sua implementação deverá ser posterior.

### 2.2.7. Escala e Jogabilidade:

Como esta cidade deve ser gerada para um jogo eletrônico, é importante que o seu realismo seja satisfatório, mas não prejudique a jogabilidade[9]. No caso, a maior manifestação disto é a escala. Determinadas alturas de prédios bloqueariam completamente a visão das ruas, que é um espaço de jogo importante para o deslocamento dos sobreviventes. Isto faz com que a cidade possua um limite de altura máxima. Outro fator de escala importante é que os sobreviventes e suas características físicas sejam visíveis à distância, por isso a escala dos prédios não pode ser tal que os sobreviventes se tornem insignificantes em sua visualização.

## 2.3. Estudo da Destruição

Em futuras iterações do projeto, buscaremos representar graficamente os efeitos de um cataclisma sobre o espaço urbano, mais especificamente a hecatombe nuclear. Para atingir este objetivo de maneira satisfatória, foi necessário estudar registros dos efeitos de um ataque nuclear sobre um espaço urbano.

Toda informação extraída desse estudo precisa ser transformada em decisões objetivas de como os prédios gerados pelo programa serão afetados e quais serão os modelos tridimensionais que deverão ser produzidos. Por isso, é necessário encontrar generalizações satisfatórias que representem fenômenos comuns e característicos a maioria dos edifícios afetados por este tipo de destruição.

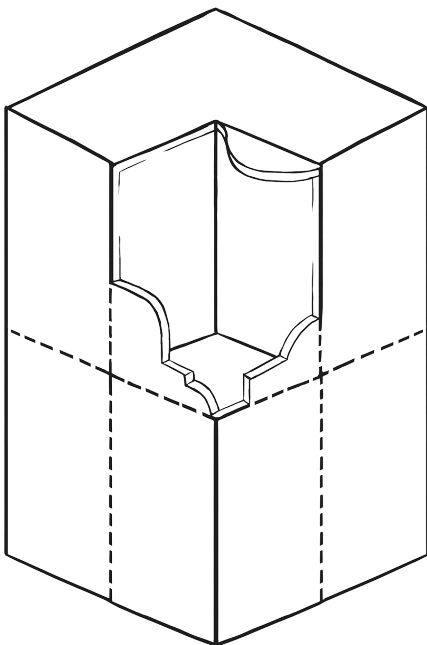
Um dos exemplos mais marcantes é o caso de Hiroshima e Nagasaki. Porém, há uma diferença muito grande entre os efeitos de uma bomba sobre Hiroshima de 1945 e aqueles que seriam causados sobre uma cidade ocidental moderna. A Hiroshima da época era constituída principalmente por estruturas de madeira enquanto a cidade que representamos é quase completamente feita de estruturas de concreto, aço e pedra. Se observarmos a documentação visual do resultado do ataque, quase todos os edifícios de madeira desapareceram, destruídos principalmente pelo incêndio. Porém, quase todos os edifícios mais modernos na cidade mantiveram considerável integridade em relação aos demais. As imagens das ruínas destes edifícios carregam informações importantes para o projeto.

Observando esses poucos edifícios encontramos alguns resultados visuais marcantes que refletem o comportamento típico de edifícios quando afetados por uma explosão como essa.

Além da destruição imediata, um ataque nuclear tem resultados de longo prazo, principalmente quando estamos falando em um ataque de escala global. Existem algumas teorias sobre esses efeitos a longo prazo. Posteriormente nesta seção iremos observá-las e avaliar o seu interesse posterior para o jogo como um modificador nas mecânicas de jogo.

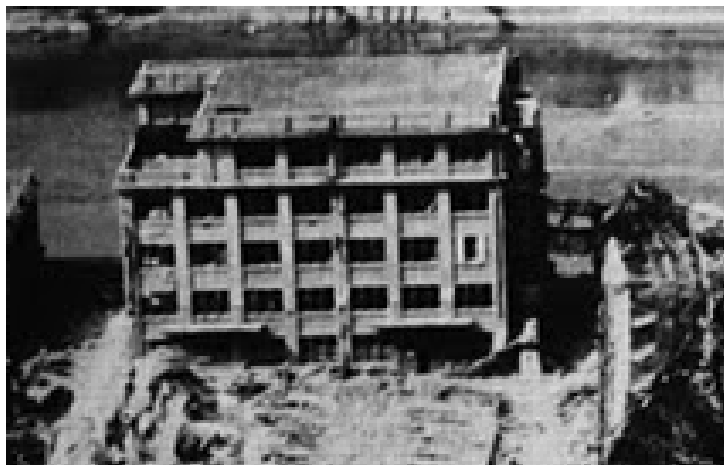
### 2.3.1. Níveis de Destruição

Para adicionar a aparência de destruição às fachadas produzidas, serão criados módulos a serem adicionados ao lado de elementos normais de fachada. Cada estilo arquitetônico irá contar com alguns módulos exclusivos. Estes módulos fazem parte de categorias de destruição. Esta divisão é feita para refletir os níveis de destruição diferentes que um prédio pode ter. A criação destas categorias de destruição é baseada na observação de fotos e documentos que tratam dos efeitos de um ataque nuclear sobre o espaço urbano, mais especificamente os casos de Hiroshima e Nagasaki.

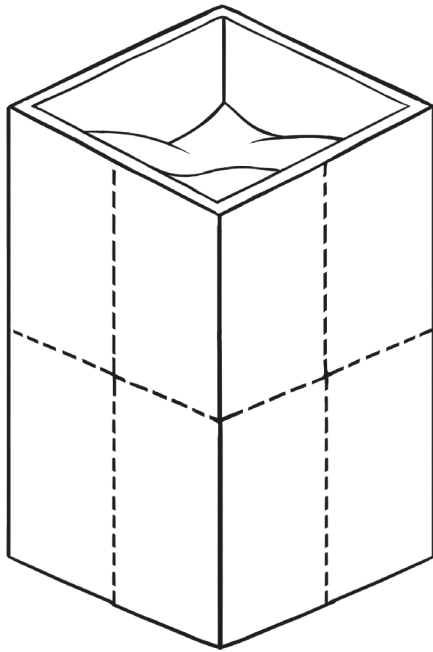


#### 2.3.1.2 Desabamento Parcial:

Um exemplo que encontramos é quando o impacto recebido pelo prédio se reflete em um ruir parcial da fachada, mas as estruturas internas do prédio não são destruídas. Estas destruições normalmente se limitam a um conjunto bem delimitado de cômodos. Isso nos permite utilizar a referência já existente de módulos de fachada para substituí-las por trechos pré-produzidos de destruição



Edifício de Nagasaki com desabamento parcial.

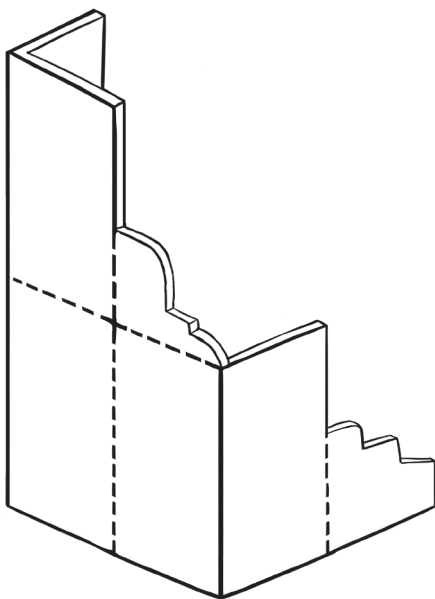


### 2.3.1.3. Desabamento Interno:

Embora as fachadas viradas para o epicentro da explosão recebam o impacto direto da onda de choque, as estruturas internas dos edifícios são as mais afetadas. Conforme a fachada é empurrada para dentro, essas estruturas cedem para a pressão. O resultado visual desse fenômeno são prédios ôcos, mas com fachadas relativamente intactas. Nesta solução o terraço do prédio é removido e é substituído por escombros.



Edifício em Hiroshima cuja estrutura interna desabou.



### 2.3.1.4. Fachadas derrubadas:

Um terceiro tipo de resultado existente são os edifícios que sofrem um desabamento da parte interna além de perder a maioria de suas fachadas.

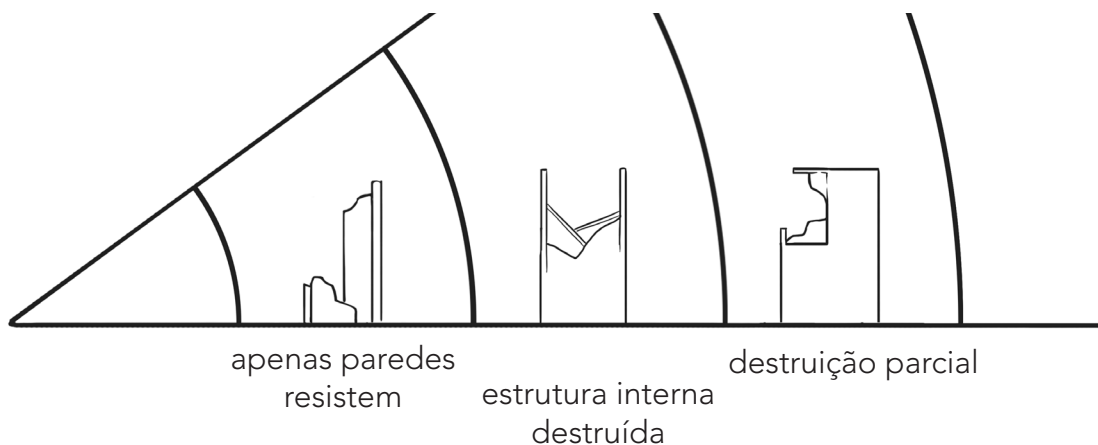


Edifícios de Hiroshima sem estrutura interna que perderam fachadas.

### 2.3.2. Intensidade da Explosão

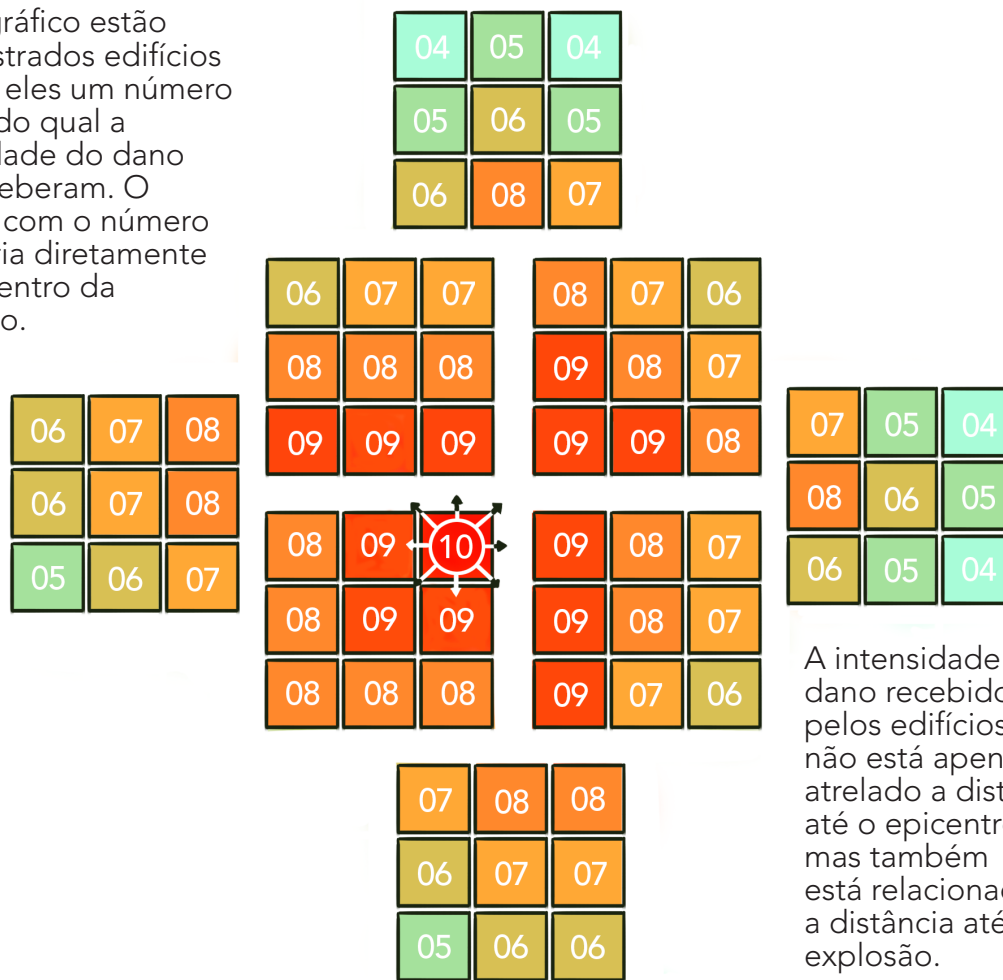
Para adicionar a aparência de destruição às fachadas produzidas, serão criados módulos a serem adicionados ao lado de elementos normais de fachada. Cada estilo arquitetônico irá contar com alguns módulos exclusivos. Estes módulos fazem partes de categorias de destruição. Esta divisão em categorias é feita para que seja possível refletir a diferente intensidade do dano da explosão sobre os edifícios

Alguns estudos foram realizados sobre a bomba de Hiroshima que relacionam a distância do epicentro da bomba para um prédio com a destruição causada sobre ele.



Porém, distância ao epicentro da explosão não é o único fator que influencia qual o nível de destruição sobre um edifício. Proteção criada por outros edifícios ou relevo também deve ser levada em consideração. No exemplo de Nagasaki, o dano estrutural foi consideravelmente menor quando comparado com Hiroshima graças a configurações do relevo da região que protegeu determinadas áreas da cidade. Para refletir o efeito de destruição gradual à partir do epicentro da bomba, usaremos vetores projetados em ângulos regulares radialmente a partir do centro. Estes vetores possuem uma informação de intensidade, conforme eles se afastam do centro da explosão essa intensidade é reduzida. Quando o vetor entra em contato com um edifício este edifício sofrerá o dano relativo ao valor de intensidade do vetor. Para refletir o efeito de um edifício protegendo aqueles que estão atrás dele, o vetor também perde intensidade ao entrar em contato com um edifício. Esta redução de intensidade no contato com edifício permite com que seja criada uma certa irregularidade no efeito da destruição.

Neste gráfico estão demonstrados edifícios e sobre eles um número indicando qual a intensidade do dano que receberam. O edifício com o número 10 estaria diretamente no epicentro da explosão.



A intensidade do dano recebido pelos edifícios não está apenas atrelado a distância até o epicentro, mas também está relacionado a distância até a explosão.

### 2.3.3. Destruição a longo prazo:

Existem algumas teorias sobre os efeitos a longo prazo de um cataclisma nuclear. Estes efeitos trazem um interesse para o jogo, aumentando o quão personalizada é a experiência de um jogador. Tanto efeitos visuais como as mudanças na mecânica de jogo estariam associados a esses fenômenos, algumas possibilidades serão listadas. Estes cenários pós-apocalípticos são baseados tanto em teorias científicas como em obras de ficção

#### 2.3.4.1. Inverno Nuclear:

Um dos efeitos do ataque nuclear é o início de múltiplos e incontroláveis incêndios. Estes incêndios podem se espalhar por milhares de quilômetros através de áreas urbanas e rurais. A tempestade de fogo geraria toneladas de fumaça. Em pouco tempo essa fumaça iria tomar a atmosfera, impedindo a entrada do calor solar no nível do solo. A terra ficaria no escuro e a temperatura sofreria uma queda dramática. Os habitantes do planeta terra se encontrariam em um ambiente escuro e frio. O processo da fotossíntese se tornaria difícil, matando grande parte da flora do planeta e impedindo o plantio para fins alimentícios.

No contexto do jogo, os efeitos gráficos iriam se traduzir no uso de uma paleta mais escura e azulada, onde existe quase nenhuma diferença nos ciclos de noite e dia. As mecânicas de jogo iriam se traduzir na impossibilidade de estabelecer um sistema

agrícola dentro da sua sociedade sem a criação de estufas com iluminação especial ou outras soluções específicas.

#### **2.3.4.2 Primavera Nuclear:**

Possivelmente aconteceria após o Inverno Nuclear. Enquanto a superfície da terra estivesse encoberta por espessas nuvens de fumaça, a radiação solar iria rebater dentro da atmosfera sem ser absorvida pela superfície da terra. As moléculas de óxidos de nitrogênio se aqueceriam e iriam reduzir a concentração de ozônio na troposfera. Conforme a camada de fumaça dissipasse, a luz ultravioleta atingiria a terra quase desimpedida. Dessa maneira, a exposição a luz solar se tornaria extremamente nociva e possivelmente fatal. O Plantio seria praticamente impossível. A temperatura da terra iria elevar consideravelmente graças ao efeito estufa.

Os efeitos em jogo seriam uma paleta de cores quentes, com áreas de luz brancas e marcantes. As mecânicas de jogo que traduziriam o fenômeno seriam a possível morte dos sobreviventes que saíssem durante o dia, deixando o isolamento das construções internas. Produção agrícola também se tornaria impossível sem a criação de um ambiente isolado e controlado.

#### **2.3.4.3 Fantasia Nuclear:**

Conforme a estrutura da sociedade se desfez e as certezas científicas se tornam cada vez mais distantes, mitos e lendas passam a encontrar um novo espaço na mente humana. Mais do que isso, os limites naturais do nosso mundo se desfizeram diante da potência do cataclisma e o sobrenatural se tornou parte da vida dos sobreviventes. Este tipo de cenário é bastante comum em obras de ficção. Encontramos em jogos como Stalker e Metro: Last Light ou mesmo em filmes e animações como Hora da Aventura e ou em livros como The Stand

## 2.4. O Motor [8] Unity

Existem diversas necessidades para o funcionamento de um jogo que não são específicas, por exemplo: todo jogo precisa fazer alguma interface com a placa gráfica e o CPU de um computador. Muitos jogos vão possuir funções de iluminação, câmera, animação e simulação de física. Este tipo de necessidade genérica pode ser solucionada se utilizando um motor pré-existente, evitando que haja qualquer retrabalho desnecessário.

A nossa escolha de motor para esse projeto foi o Unity. Esta escolha se justifica por diversos motivos:

### 2.4.1. Familiaridade com o motor:

Eu e meus colegas de trabalho já utilizamos o motor Unity há um ano e estamos bastante familiarizados com a sua interface e funcionalidades. Já trabalhamos em dois jogos diferentes nesse motor.

### 2.4.2. Ferramenta Acessível:

O Unity possui um modelo de negócios monetariamente acessível, o que nos permite com segurança lançar um projeto produzido no motor pagando a licença.

### 2.4.3. Comunidade Forte:

A comunidade de desenvolvedores de jogos que utilizam Unity é cada vez maior. Isto faz com que seja possível encontrar consultoria e informações extras sobre a maioria dos problemas que encontramos durante o projeto.

Como esta é uma produção para jogos a ser visualizada em tempo real, é muito importante que o fps [4] seja adequado. Em 2013, quando este trabalho foi produzido, um *framerate* adequado para jogos era de 60 fps [4].

Para atingir essa marca, é necessário otimizar todo conteúdo do projeto. Mais para frente, discutiremos como essa otimização é feita.

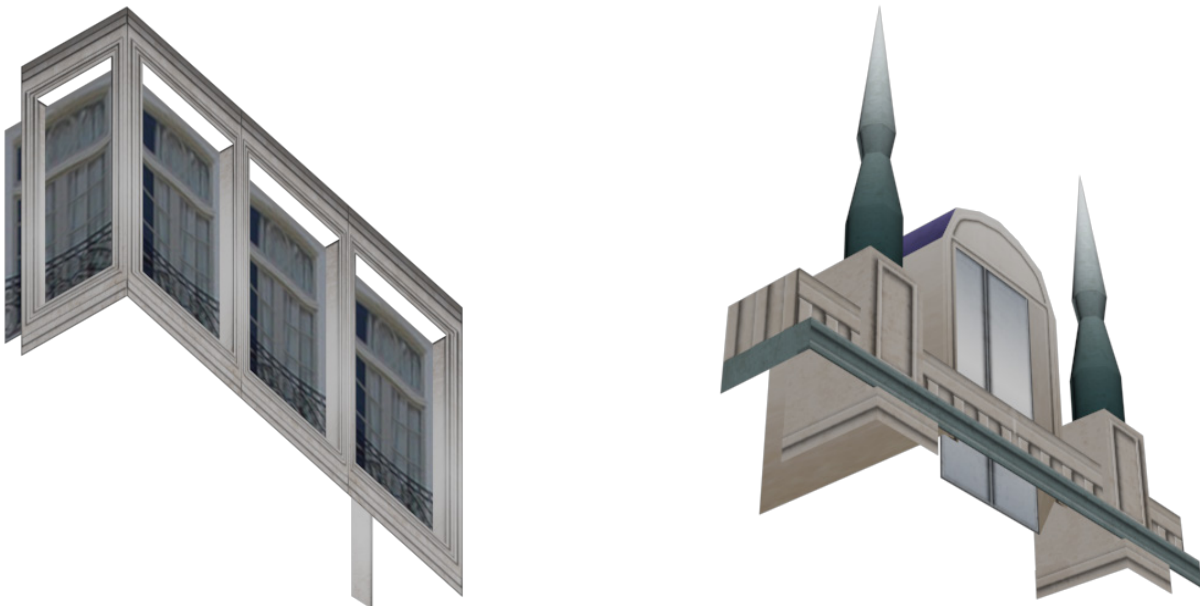
## 2.5. Produção dos Elementos Tridimensionais

### 2.5.1. Modelagem:

Diferentemente da abordagem de gramática de formas [3] mais presente em outros geradores de cidades, fizemos a escolha de utilizar modelos pré-produzidos para os elementos de fachada. No contexto de uma cidade, cada um dos elementos de fachada produzido provavelmente será repetido em cena dezenas ou mesmo centenas de vezes, por isso, cada elemento produzido deverá ser muito leve, ou seja, *low poly* [3]. No contexto de um jogo tridimensional um objeto leve é considerado aquele com menos triângulos em sua composição geométrica. Quando este trabalho foi produzido, computadores conseguiam reproduzir simultaneamente em tela milhões de triângulos, dependendo das especificações da máquina. Pode parecer muito, mas é fácil atingir esta marca se não houver cuidado durante a produção destes modelos. Existem algumas técnicas e critérios que utilizamos:

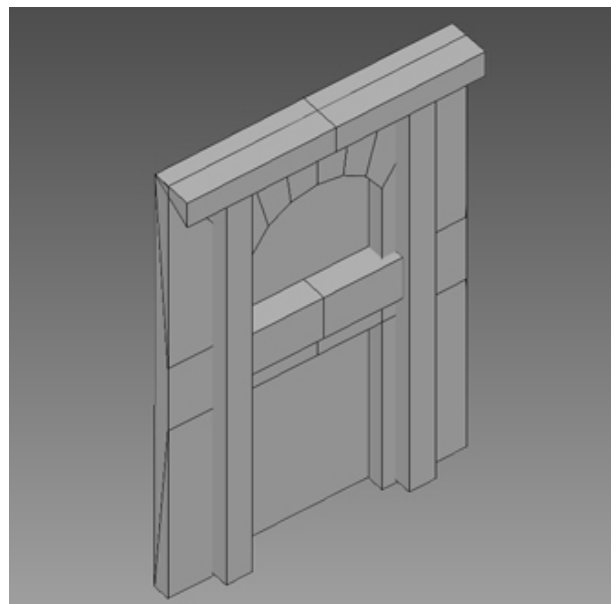
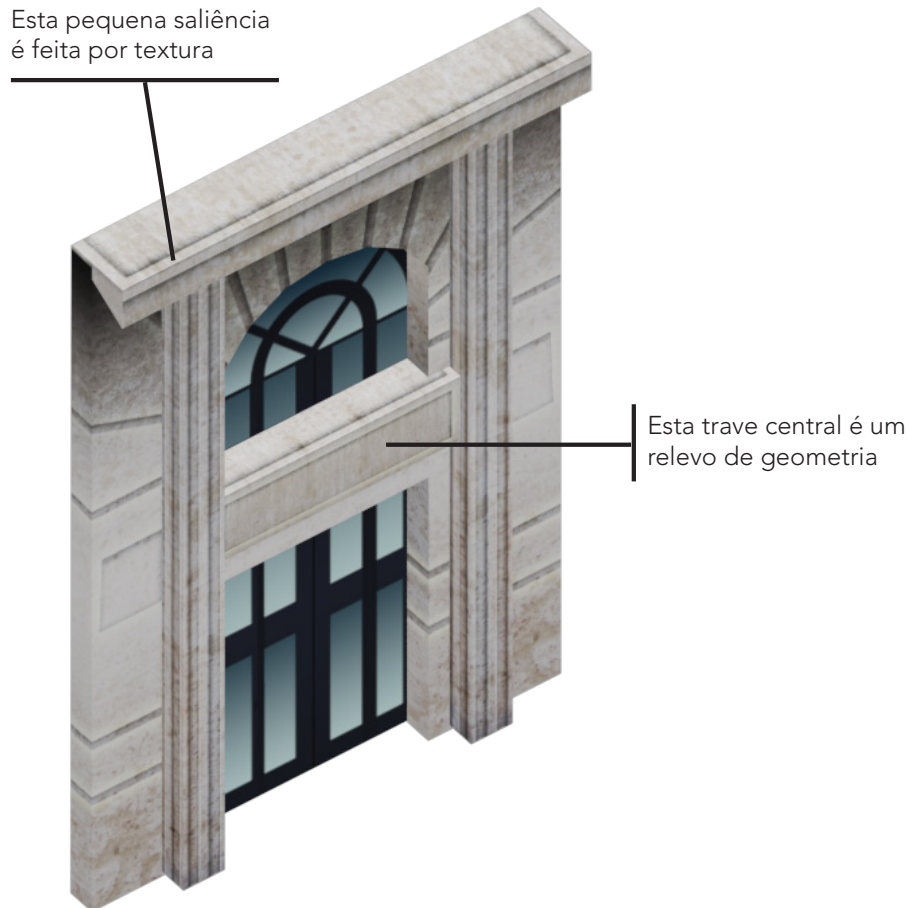
#### 2.5.1.1. Faces ocultas:

Levando em consideração a visão de câmera planejada, de vista superior, todas as faces viradas para baixo não poderão ser visualizadas pelo usuário durante o jogo. Nesse contexto, é possível economizar triângulos ao excluir todas as faces viradas para baixo dos modelos.



### 2.5.1.2 Hierarquia de Relevos

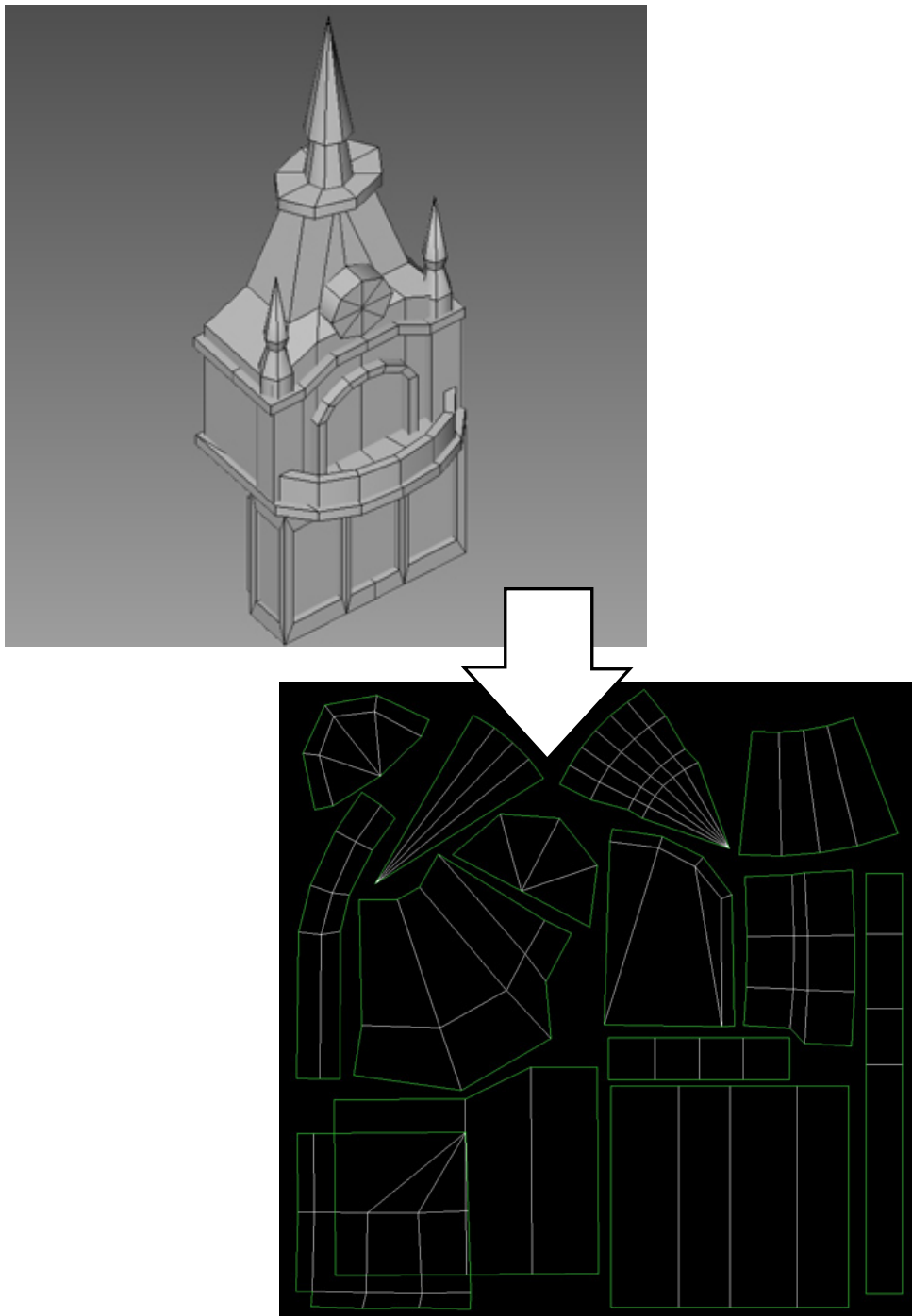
É importante ter clareza de quais relevos de um elemento de fachada devem ser modelados e quais deverão ser posteriormente reproduzidos através de texturas. Um bom critério é: relevos que irão produzir sombras sobre outros objetos como a superfície da fachada ou mesmo a rua devem ser criados tridimensionalmente. Relevos que produzem sombra sobre o próprio objeto, pouco afetando os objetos vizinhos deverão ser deixados para serem reproduzidos através de texturas.



## 2.5.2. Unwrap:

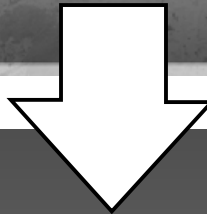
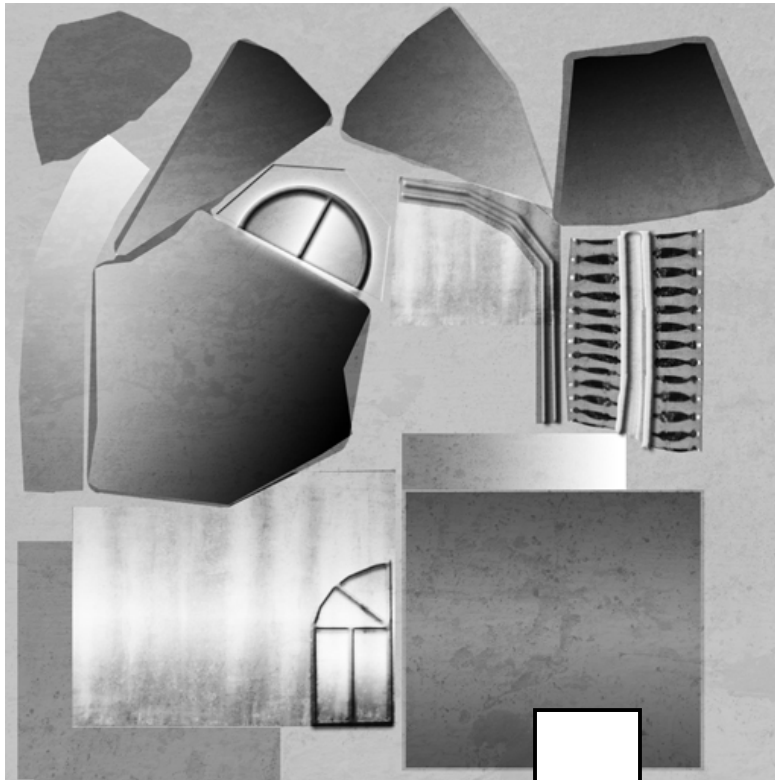
Para reproduzir os detalhes e relevos mais sutis de um elemento de fachada, é necessário produzir texturas que cubram sua superfície criando a ilusão extra de dimensionalidade. Para que essa textura possa ser corretamente mapeada ao longo da superfície do elemento é preciso desdobrar a geometria e aplainá-la. Esse processo é chamado de *UVW Unwrap*.

Fazer este desdobramento é um processo que não afeta a geometria em si. Todo o movimento e rotação das vértices da geometria acontecem apenas para gerar o mapa, mantendo o modelo original intacto.



### 2.5.3. Texturização:

Com o modelo desdoblado, podemos exportar o UVW map para um programa de edição de imagens, como o Photoshop. Lá podemos trabalhar sobre essas superfícies, pintando luzes e sombras, adicionando texturas e padrões..



## Parte 3 - Resultados

Nesta parte do documento iremos avaliar os resultados do projeto. O que descobrimos durante o processo, quais foram nossos maiores problemas e desafios e que soluções que encontramos.

## 3.1 Problemas e Desafios

### 3.1.1. Performance Contra Qualidade

A escala massiva e detalhada de uma cidade é um grande desafio em termos de performance. Encontrar o equilíbrio ideal de performance e qualidade é muito importante. Performance está relacionado ao FPS [4] do aplicativo.

Durante as iterações do gerador de cidades, encontramos diversos desafios relativos a performance, estes foram:

#### 3.1.1.1. Draw Calls Excessivos:

Descobrimos que estávamos gerando um número excessivo de draw calls [5]. Cada objeto em cena chamava um draw call. Considerando que podemos ter em tela milhares de objetos, estávamos chegando a mais de 24 mil draw calls. Isso nos rendia um FPS [4] de 10 em uma boa máquina. Era necessário então unir as geometrias dos edifícios com as dos seus elementos de fachada. O problema porém é que cada objeto já estava mapeado e texturizado de maneira independente. A solução foi criar um atlas para unir todos os arquivos de textura de um mesmo estilo arquitetônico em um só arquivo de texturas.

Um atlas é uma imagem relativamente grande, contendo todas as texturas que lhe forem pertinentes. Por programação estas texturas são então mapeadas nesta imagem maior e cada elemento de fachada pode colher o pedaço de imagem que lhe é pertinente. Através desta solução conseguimos mudar o FPS [4] de 9.0 para 100.0 reduzindo os *draw calls* de 24 mil para 2500.

#### 3.1.1.2. Variação de cor contra batching de *draw calls*:

Através de um processo chamado batching[6] o número de *draw calls* [5] de uma cena pode ser reduzido quando objetos compartilham o mesmo material. Isto nos faz pensar que haveria uma grande economia de draw calls, visto que existem apenas seis estilos arquitetônicos na iteração atual do gerador de cidades, afinal seriam apenas seis materiais em cena. Porém, para que os edifícios e seus elementos assumam cores diferentes é necessário criar um material para cada cor utilizada. Isto aumenta o número de *draw calls* já que não é possível fazer um batching entre todos os edifícios do mesmo estilo arquitetônico. Mas, esse é um compromisso que podemos assumir, visto que a qualidade com a variação de cor é bem maior e a perda de performance é muito sutil.

### 3.1.2. Conteúdo estático contra conteúdo dinâmico

Como citado anteriormente foi necessário fundir as malhas dos elementos de fachada entre si e com os edifícios onde estão alojados para reduzir o número de *draw calls*. Isso faz com que percamos a referência dos objetos individualmente. Com isso o conteúdo do programa se torna bastante estático após sua geração inicial. As únicas alterações que podem ser feitas

terão de ser posteriores e apenas sobrepondo-as aos elementos originais, sem remover nada.

É um compromisso que se fez necessário, mas é uma perda considerável para o projeto imaginar que alterações em tempo real sobre o mundo terão de ser bastante limitadas.

### 3.1.3. Conteúdo de Uso Exclusivo:

Ao preparar as malhas dos elementos de fachada especialmente para a câmera de visualização superior, exclui-se uma visualização satisfatória em outros ângulos de câmera. Uma câmera em primeira pessoa de um transeunte nesta cidade irá revelar as faces inferiores que foram removidas em prol de uma melhor performance. Estas geometrias só podem ser visualizadas de maneira satisfatória a distância por ser tão *low poly* [3]. Escolhas como essas, embora melhorem a performance do jogo, restringem o uso do conteúdo produzido.



Modelos propícios para um tipo de visualização, mas não para outro

### 3.1.4. Construir para Destruir

Teria sido ideal imaginar os métodos e elementos a serem utilizados para destruir a cidade durante o planejamento do método de sua construção. Porém, imaginar os métodos de destruição antes mesmo de observar uma cidade completa se provou uma tarefa bastante difícil. Por isso construímos a cidade completa antes de iniciar o processo de destruição. O que fez com que nesta versão atual do projeto, ainda não possamos observar os efeitos do cataclisma sobre o espaço urbano.

### 3.1.5 Abordagem específica de estilos arquitetônicos contra gramática de formas

A abordagem que escolhemos ao tratar os estilos arquitetônicos de maneira bem específica e objetiva, traz uma desvantagem quando comparada à solução de gramática de formas [3]. Na nossa abordagem não encontramos uma mistura e gradação de estilos e épocas como poderíamos encontrar com a gramática de formas. Com esse método todo elemento é construído dentro do aplicativo através de um conjunto de regras, enquanto em nossa abordagem todo elemento de fachada tem forma fixa.

## 3.2. Resultado Visual

O resultado final do trabalho foi um sucesso em alguns sentidos e falhou em outros. Apenas seis estilos arquitetônicos ainda não conseguem criar a sensação de uma grande variedade de edifícios. Após um período de observação, é possível ter clareza dessa separação em estilos.

Alguns estilos não possuem muita variação de um determinado tipo de elemento de fachada. Isto faz com que cada edifício desse determinado estilo arquitetônico repetidamente apresente o mesmo elemento de fachada, quebrando um pouco a ilusão do programa.

O resultado visual total, porém, satisfaz minhas expectativas de diversas maneiras. Seis estilos arquitetônicos de diferentes épocas foram suficientes para criar a sensação de uma cidade que passou por diversos períodos históricos. As combinações entre as diversas matrizes (de elemento, de operação e de detalhamento) criaram resultados bastante positivos de duas maneiras. A primeira é que surgiram edifícios inesperados fazendo com que alguns prédios ganhassem personalidade marcante.



A segunda é que a variedade de fachadas geradas pela combinação de matrizes foi suficiente para que a ilusão do programa se mantivesse por um bom tempo.

O encontro dos diferentes estilos arquitetônicos em um mesmo bloco criou uma irregularidade desejável para transmitir a impressão do crescimento orgânico e desordenado de uma cidade. De modo geral, o resultado foi bastante positivo.



## 3.3. Próximos Passos

### 3.3.1. Popular a Cidade

Com a geração de cidades pronta, será importante criar os seus habitantes, os sobreviventes. Assim como nos edifícios, para criar a ilusão de um grande variedade de aparências, usaremos a produção de elementos modulares que combinados criarão um todo. O sobrevivente será composto por três partes, cabeça, tronco e pernas. Cada uma delas sorteada dentro de um conjunto de regras. Estas regras serão determinadas pela profissão original do sobrevivente. Cada profissão possuirá uma lista de conjunto de roupas que podem ser sorteadas. Para tornar a variedade ainda maior, utilizaremos um método de *Mesh Morphing* [7] para mudar o físico dos personagens. Cada modelo produzido de torso é manualmente alterado para criar uma versão com tônus muscular, sem tônus muscular, obesa e magra. Uma combinação destes dois eixos de peso e musculatura através de técnicas de *Mesh Morphing* criará o aspecto físico do personagem.

### 3.3.2 Gameficar

Com o cenário, contexto e conteúdos preparados, o próximo passo é criar as mecânicas de jogo. Trabalhar com o equilíbrio entre desafio, imersão e entretenimento. Munir o jogador com as ferramentas para agir sobre o mundo. Estas são possivelmente as partes mais importantes no desenvolvimento de jogos.

### 3.3.3 Avaliação do Destino / Distribuição do Projeto

Os métodos de distribuição digital tem se mostrado mais econômicos e eficientes tanto para desenvolvedores quanto para consumidores. Plataformas de distribuição digital como o *Steam* ou o nacional *Nuuvem* se provaram excelentes meios de divulgação.

Em 2013, uma prática se tornou bastante preponderante na Internet: a criação e visualização de vídeos de *gameplay*. Algumas pessoas se tornam celebridades da Internet através de vídeos comentados de seus feitos dentro de jogos. Os principais canais de contato entre os telespectadores e estes produtores de conteúdo são o Youtube e Twitch.tv. Desenvolvedores de jogos, principalmente os independentes entenderam que enviar cópias para estas celebridades dos games é um excelente meio de divulgação.

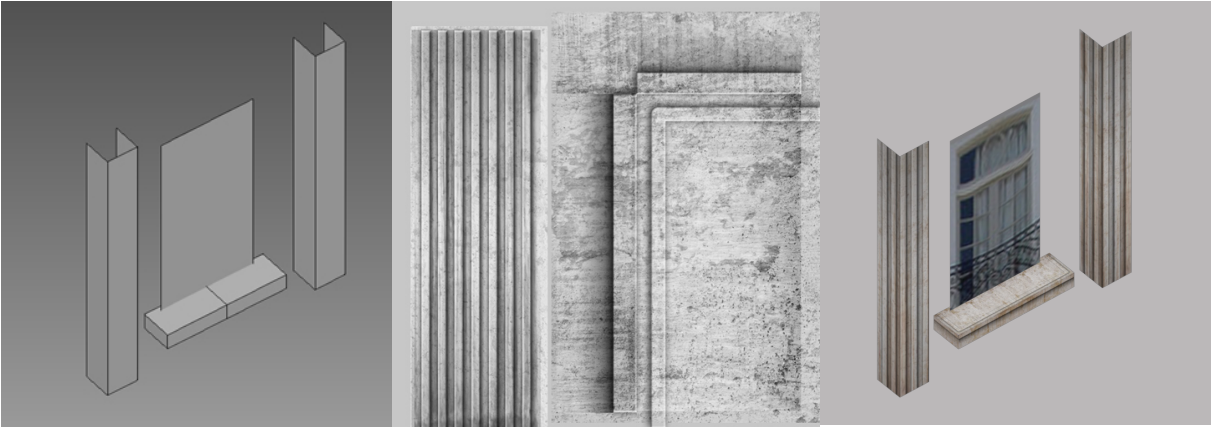
Este tipo de publicidade permite a criação de uma comunidade formada por consumidores ansiosos para ver as novas iterações do jogo. Essa comunidade abre diversas possibilidades para o desenvolvedor. Por exemplo, para ser publicado no *Steam* é necessário votos de fãs. Uma comunidade ativa permite atingir a marca necessária para ser publicado. A comunidade também permite um desenvolvimento com lançamento parcelado, vendendo uma iteração alpha do jogo para financiar o projeto ao longo do seu desenvolvimento. Outra vantagem de uma comunidade é a possibilidade do desenvolvimento de *mods* [11] que enriquecem a experiência do jogo, aumentando o tempo de vida do produto.



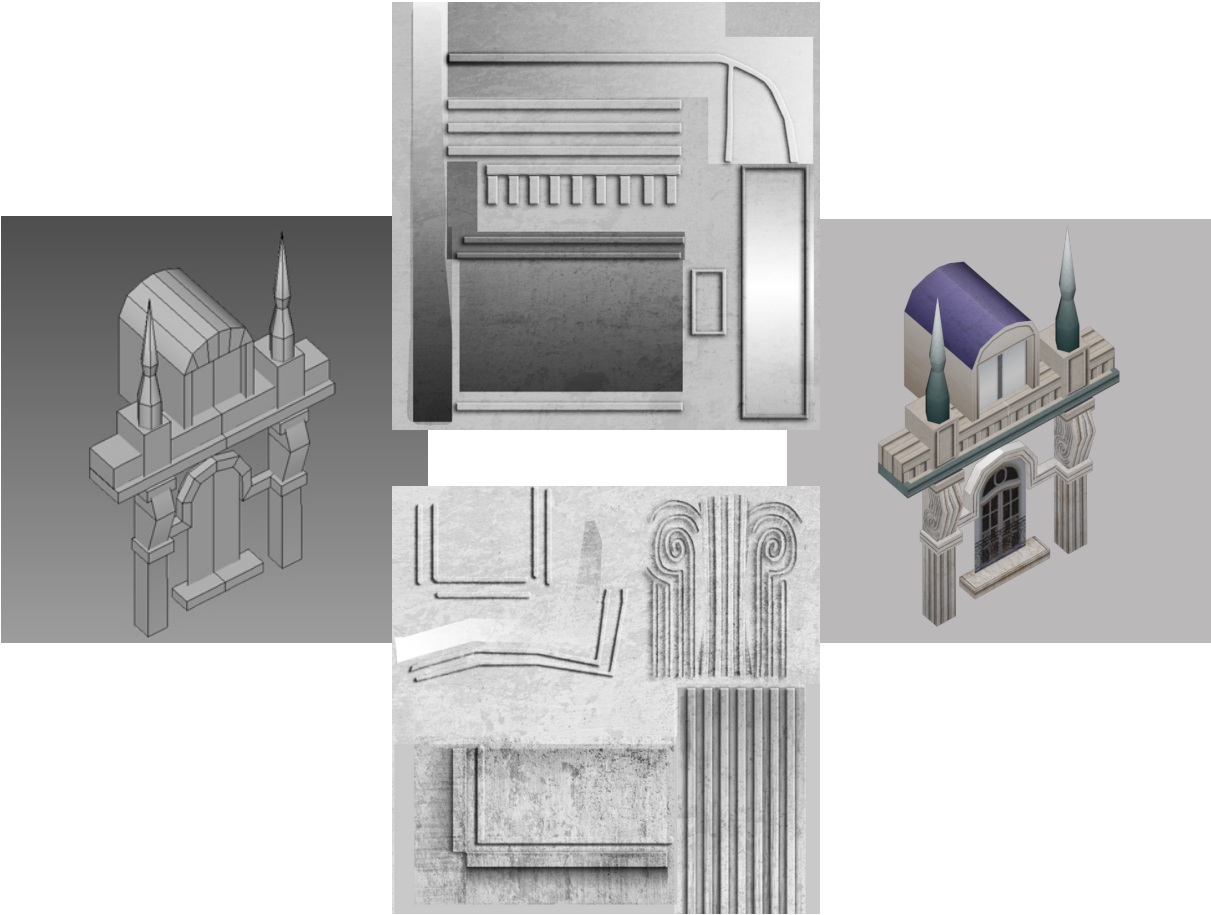
# Parte 4 - Elementos de Fachada

Nesta parte podemos observar cada elemento arquitetônico produzido em suas diferentes etapas de produção. Primeiro o modelo puro, em seguida a sua geometria mapeada e texturizada e por fim a geometria com a textura aplicada. Para melhor organizar estes elementos, irei dividi-los por estilo arquitetônico.

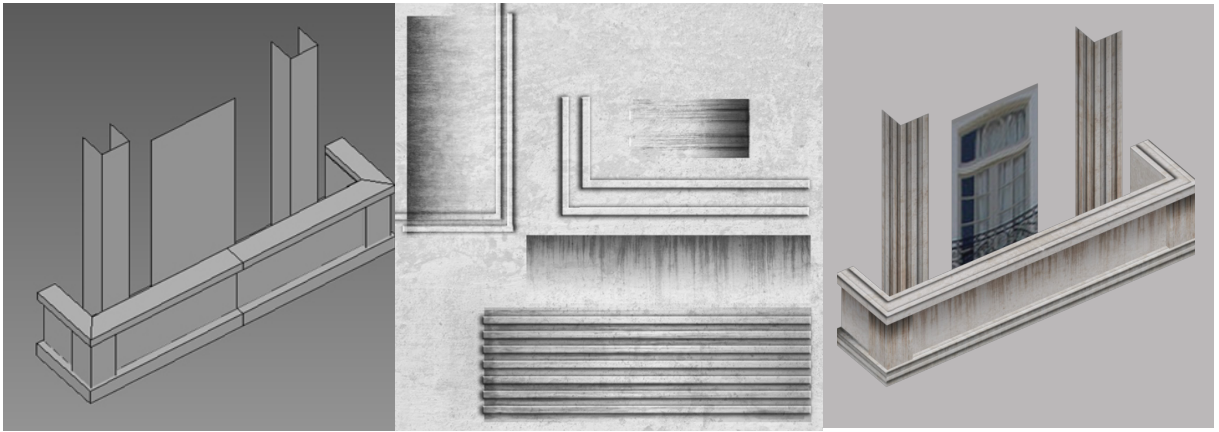
# 4.1. Art Nouveau



janela art nouveau tipo 1



janela art nouveau tipo 1, variante de topo



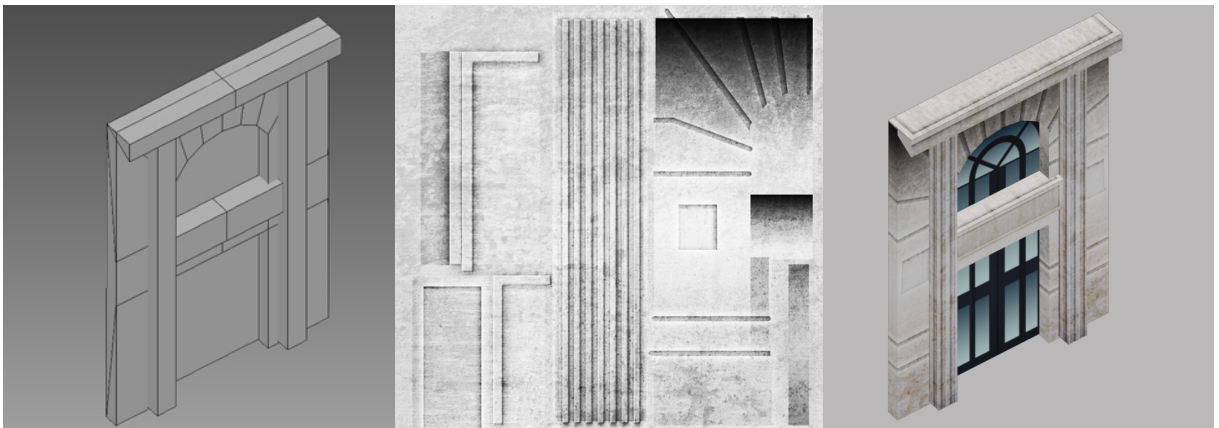
janela art nouveau tipo 1, variante de base



janela saliente tipo 1



janela saliente tipo 1, variante de topo

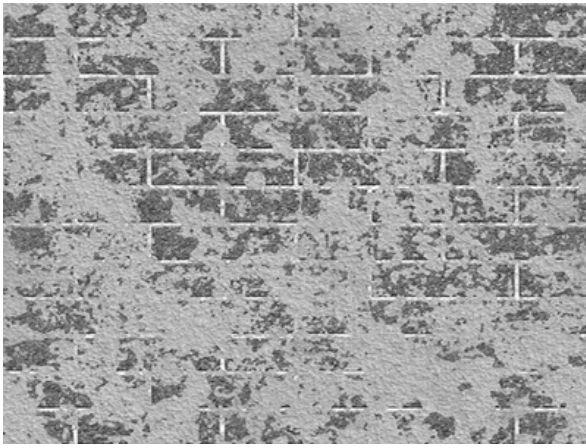


primeiro andar tipo 1



edificio art nouveau



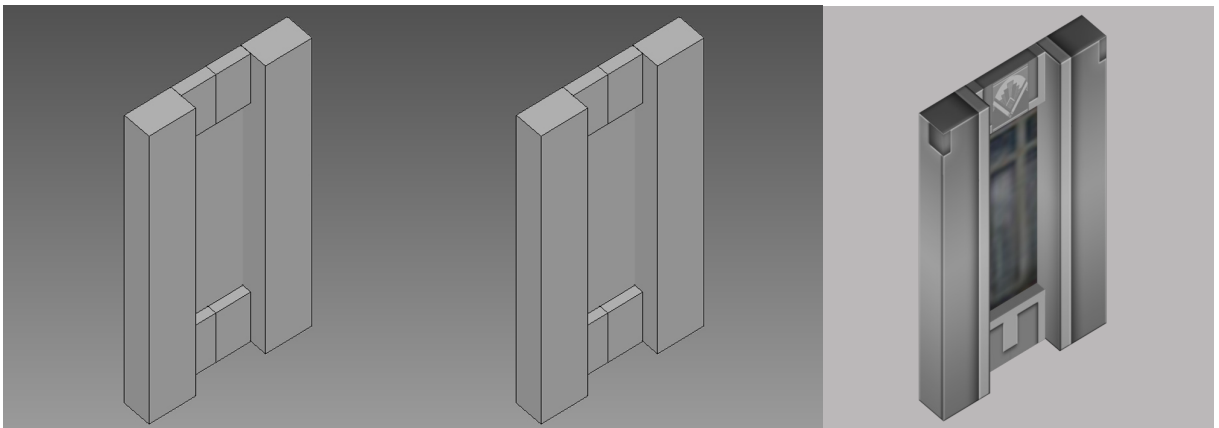


textura de tijolos com reboco

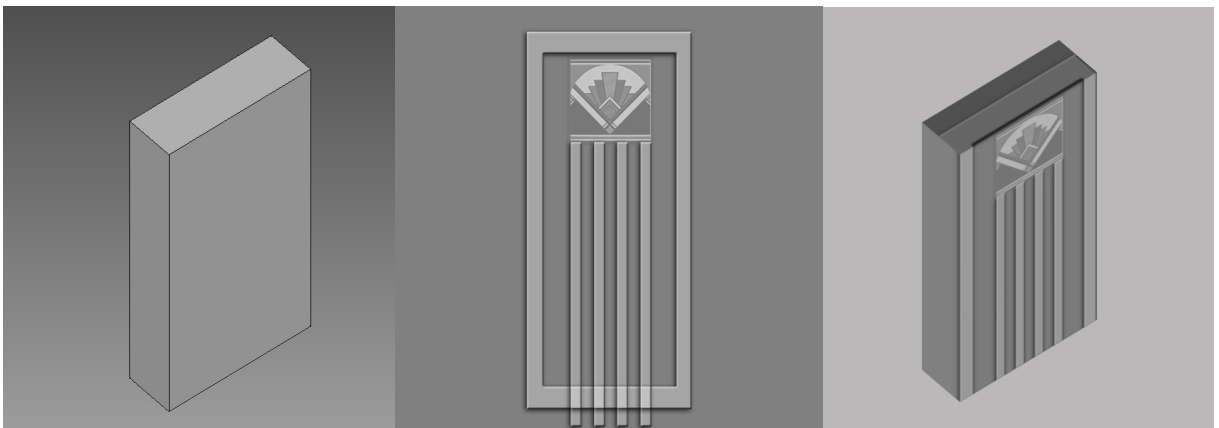


textura de reboco

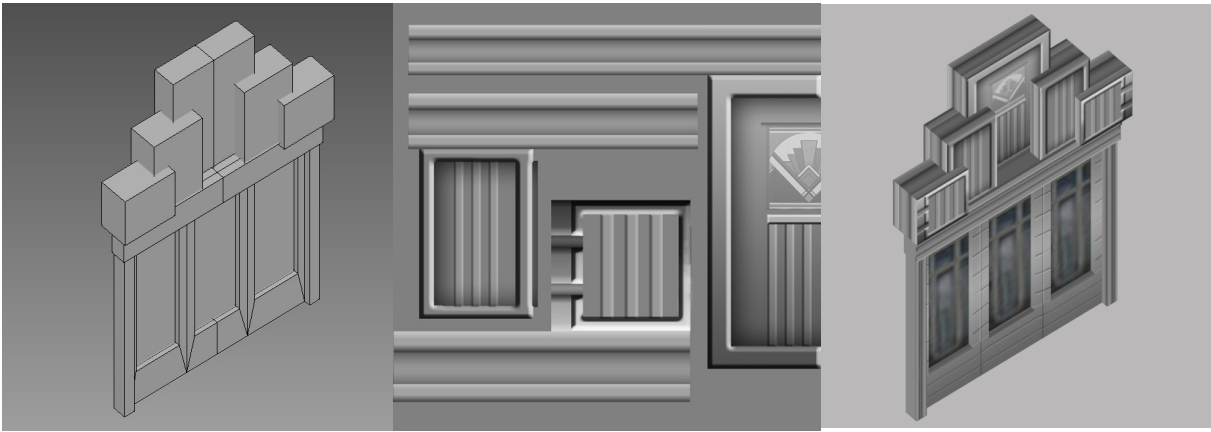
## 4.2. Art Deco



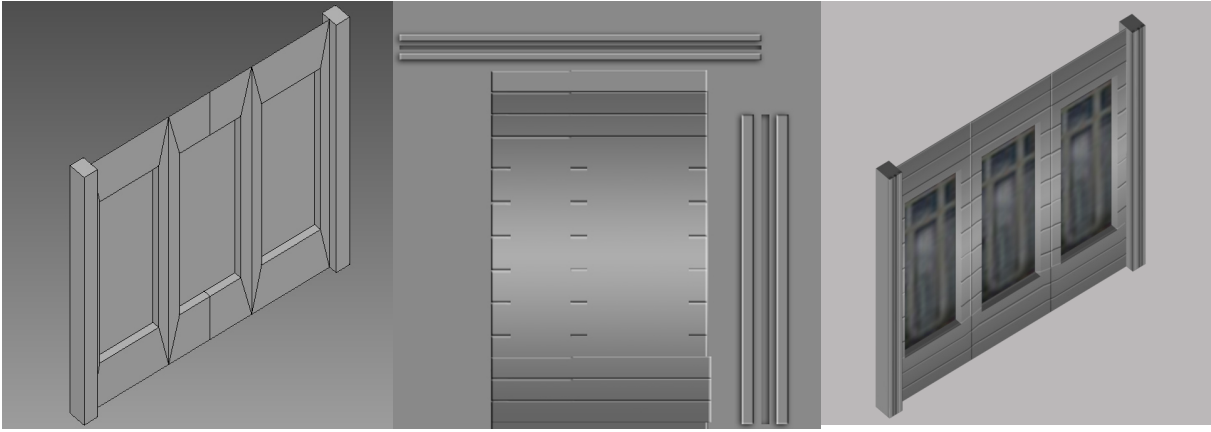
janela tipo 1



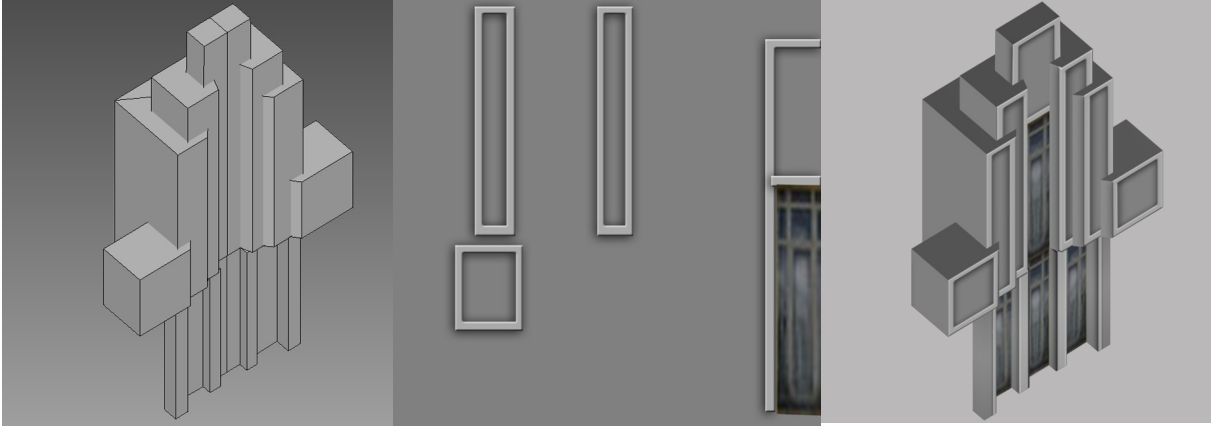
coluna tipo 1



janela tripla tipo 1, variação de topo



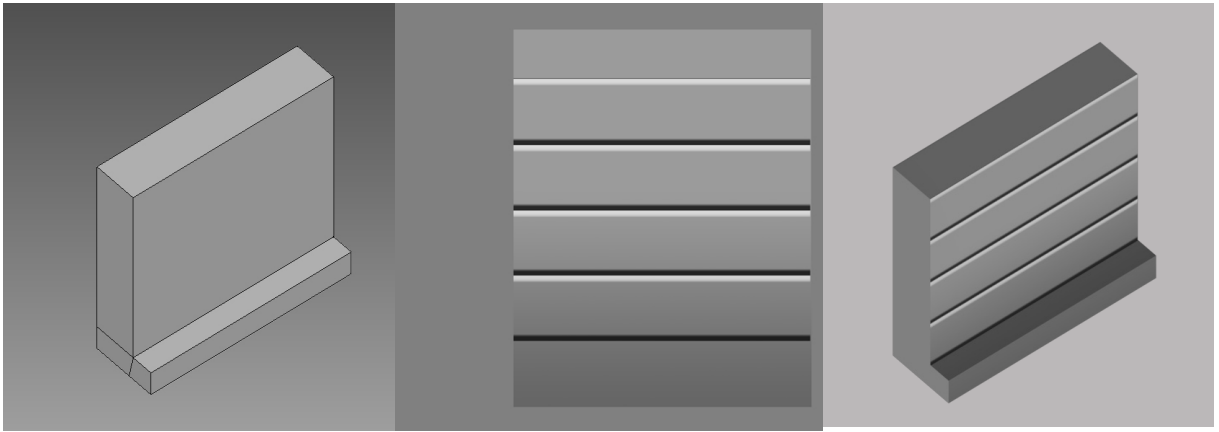
janela tripla tipo 1



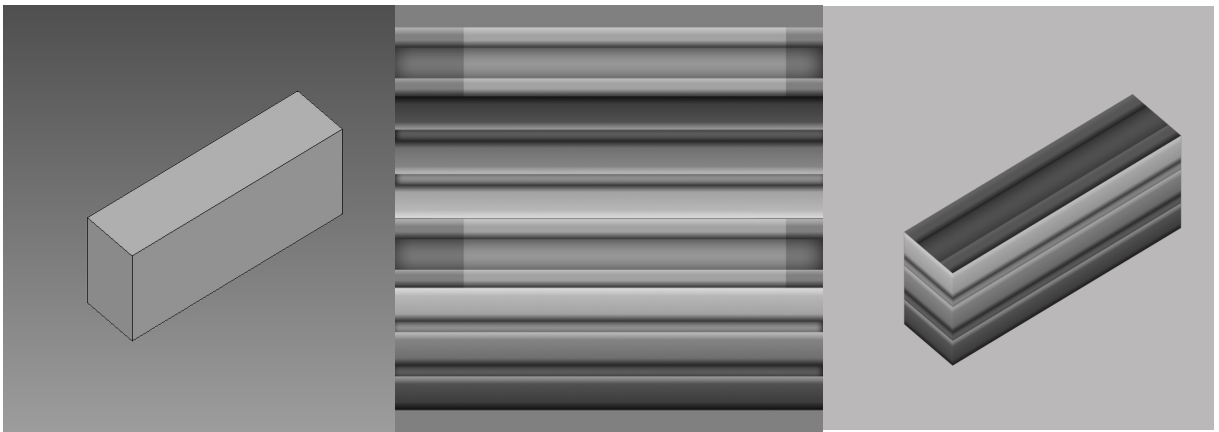
janela tripla tipo 2, variação de topo



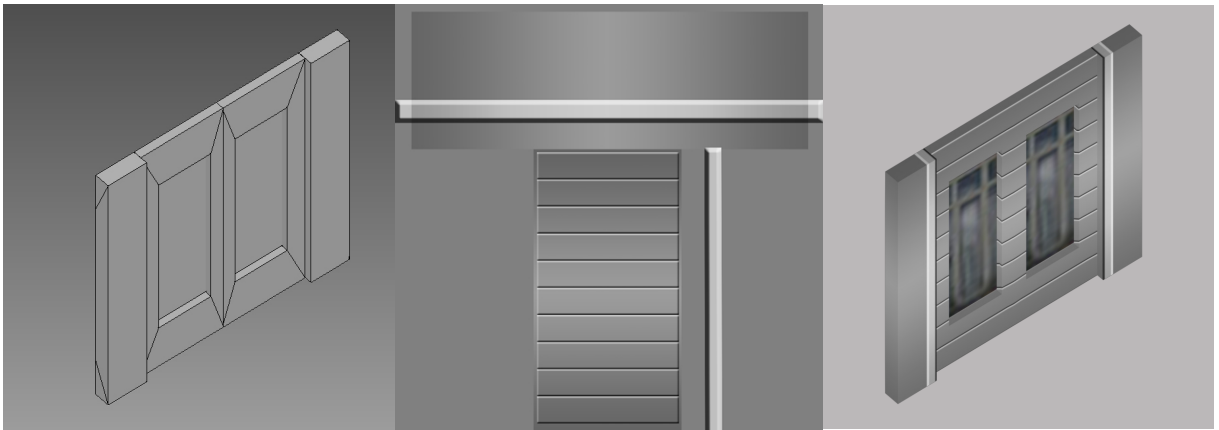
janela tripla tipo 2



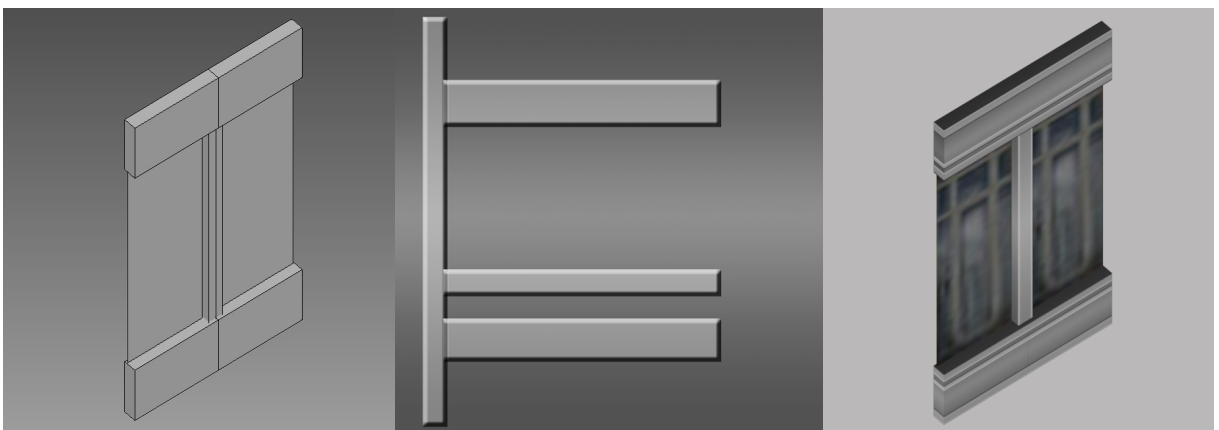
rodapé tipo 1



parapeito tipo 1



janela dupla tipo 1



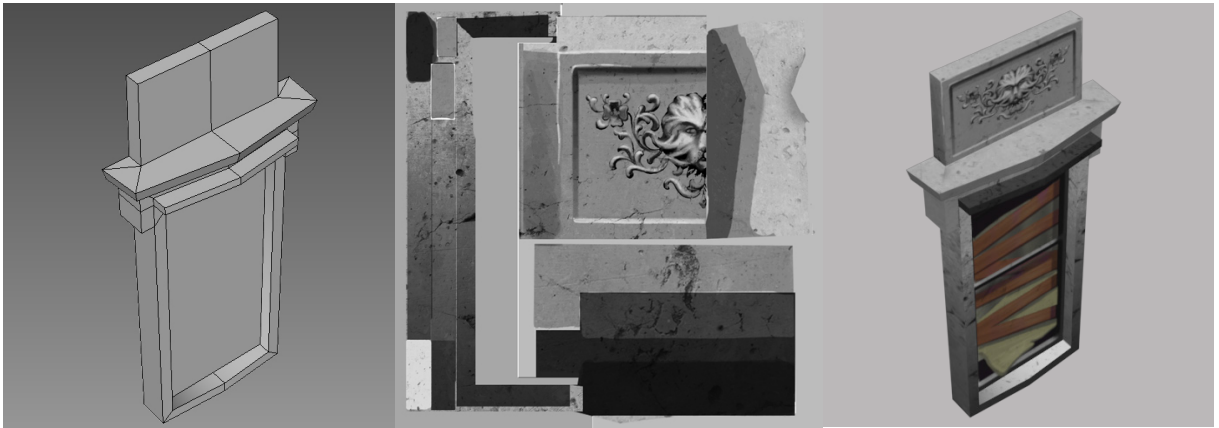
janela dupla tipo 2



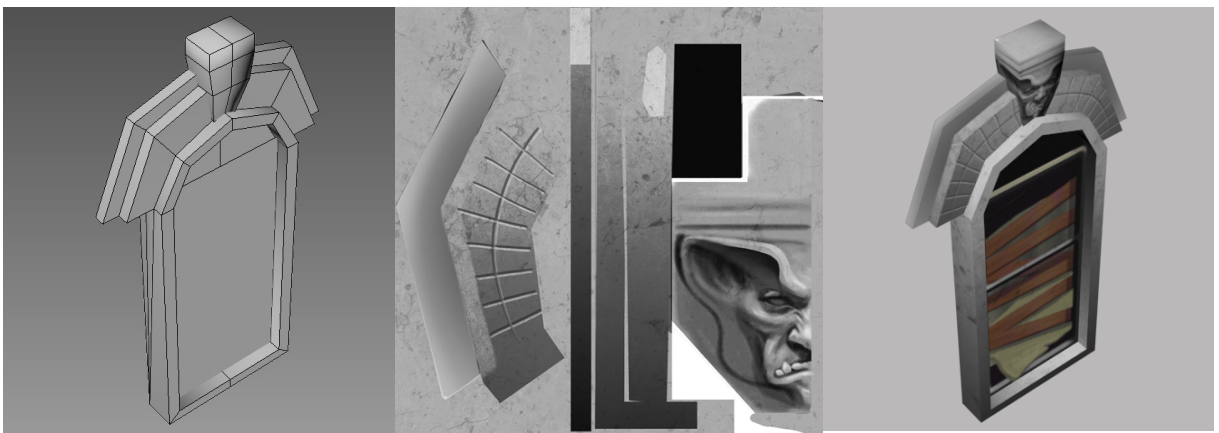
edifício art deco



### 4.3. Brownstone



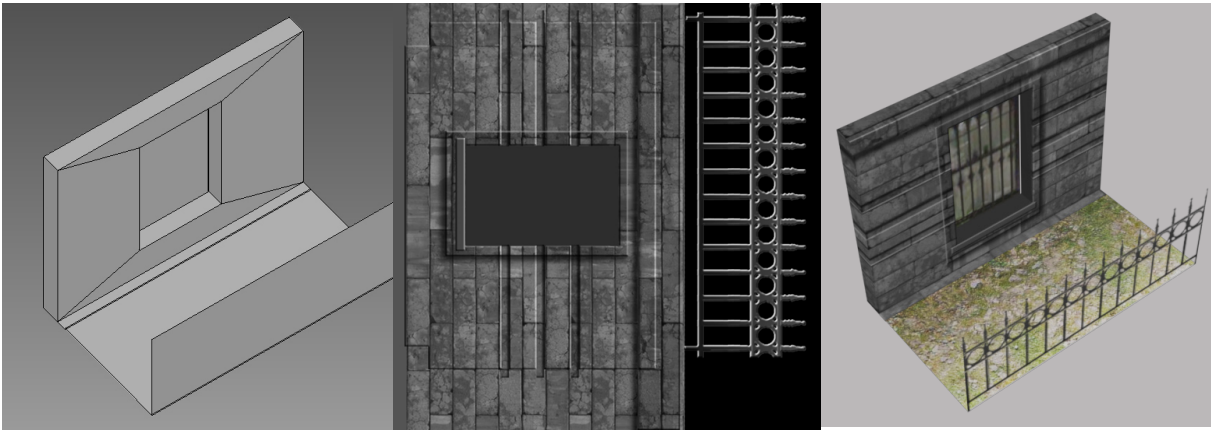
janela tipo 1



janela tipo 2



janela tipo 3



porão



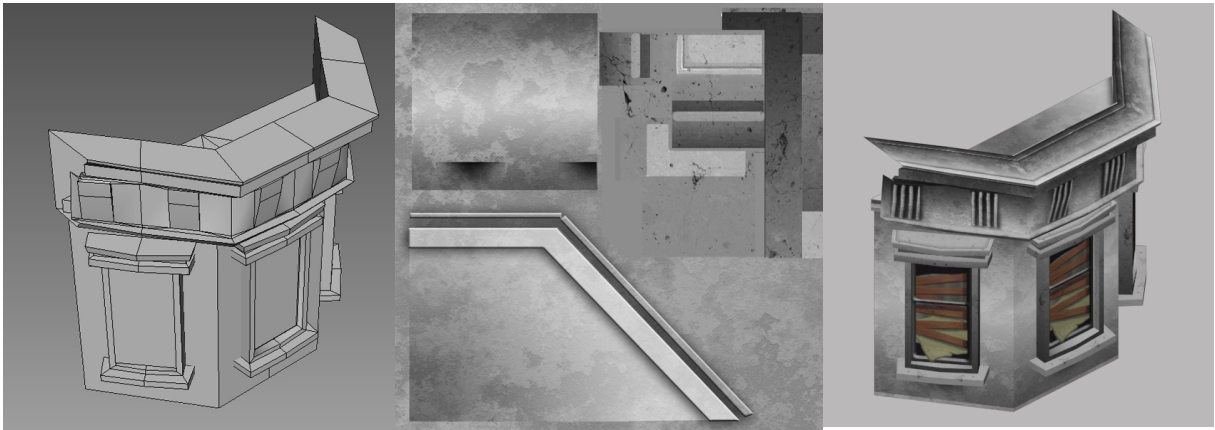
porta tipo 1



porta tipo 2



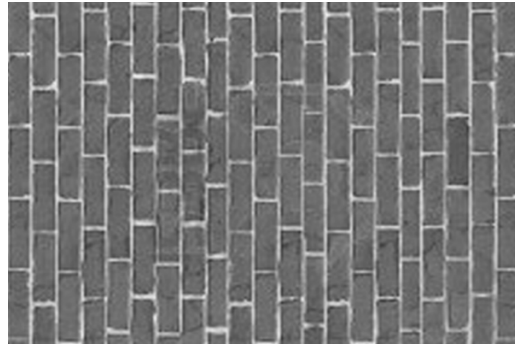
porta tipo 3



janela saliente tipo 1, variação de topo



reboco



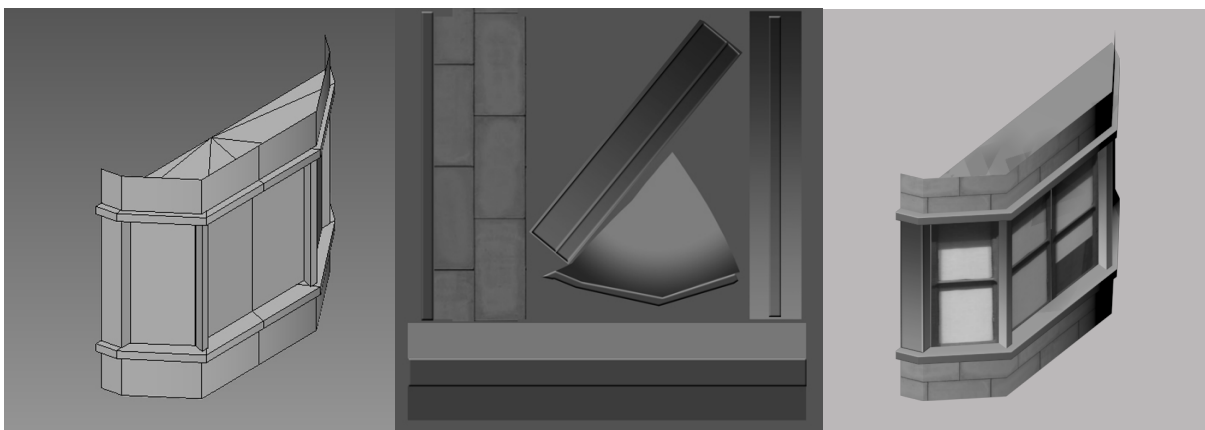
tijolos



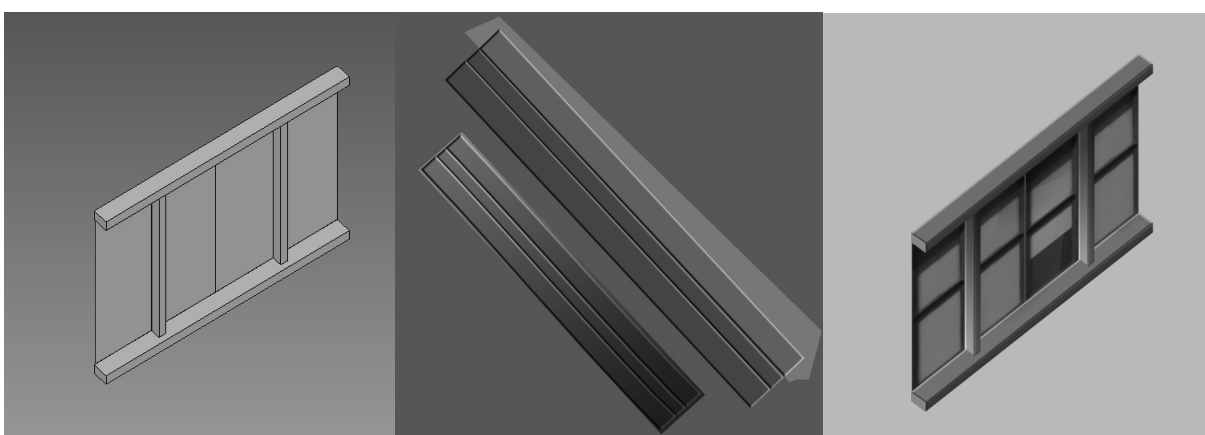
edificio brownstone



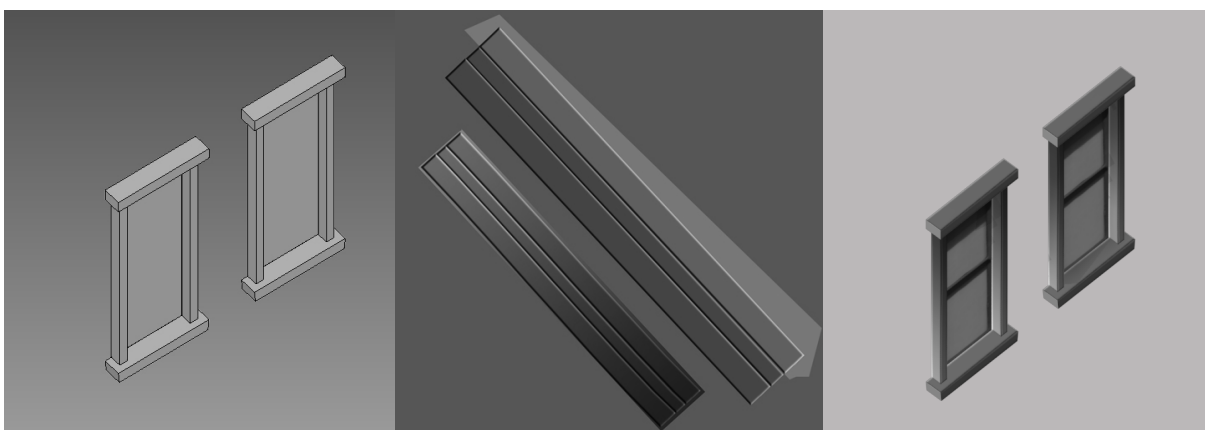
## 4.4. Chicago School



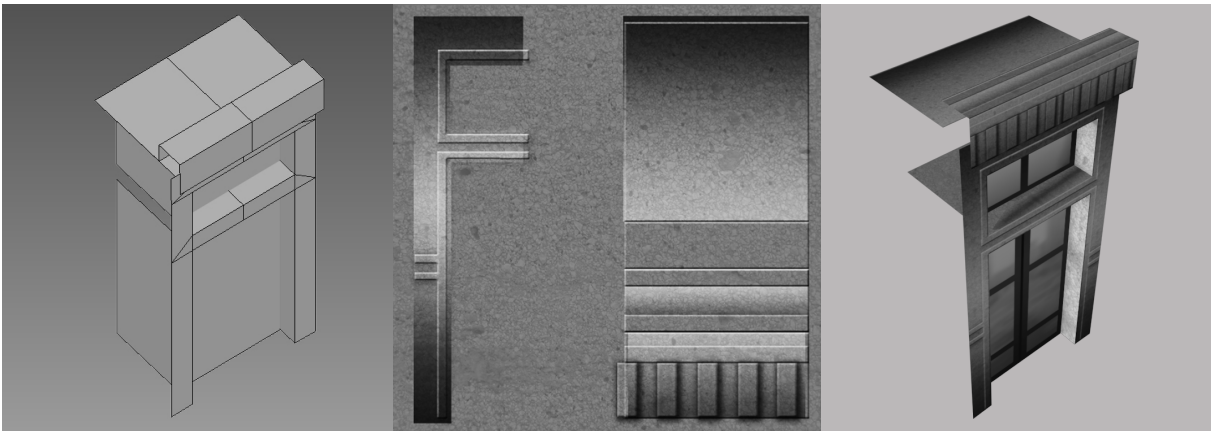
janela saliente tipo 1



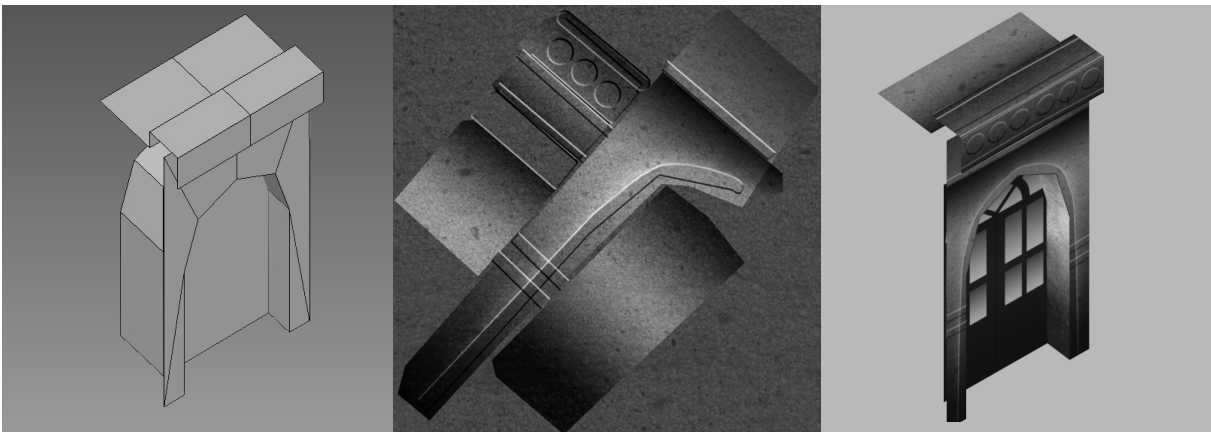
janela tripla tipo 1



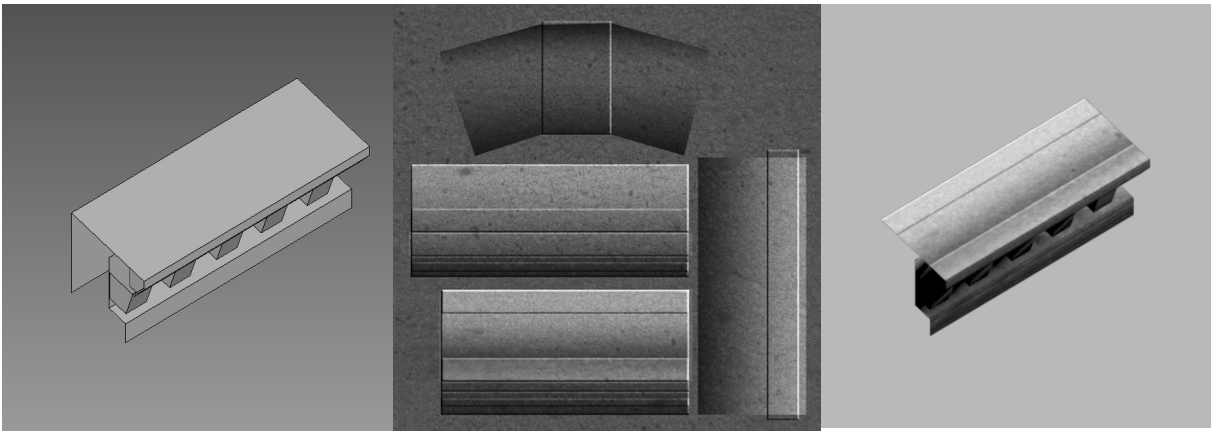
janela dupla tipo 1



térreo tipo 1



térreo tipo 2



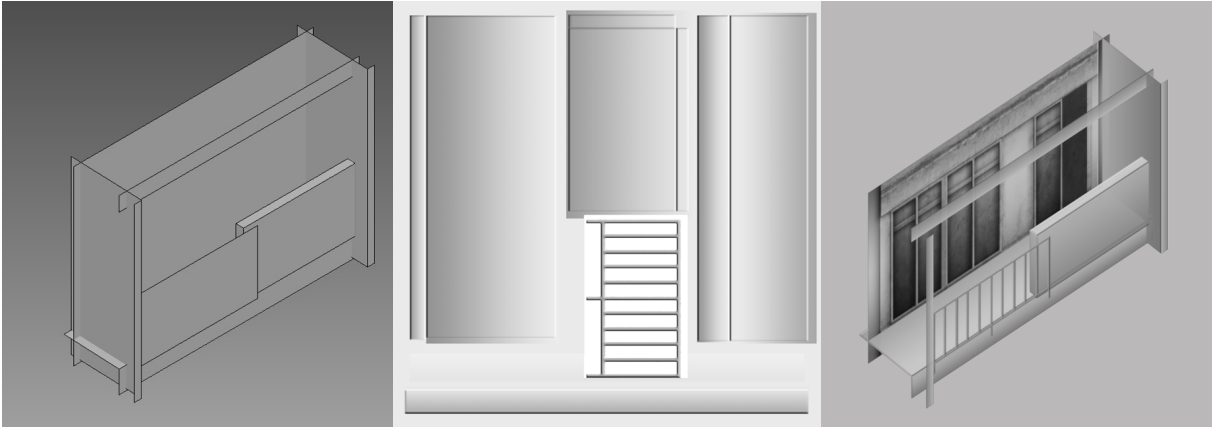
entablamento tipo 1



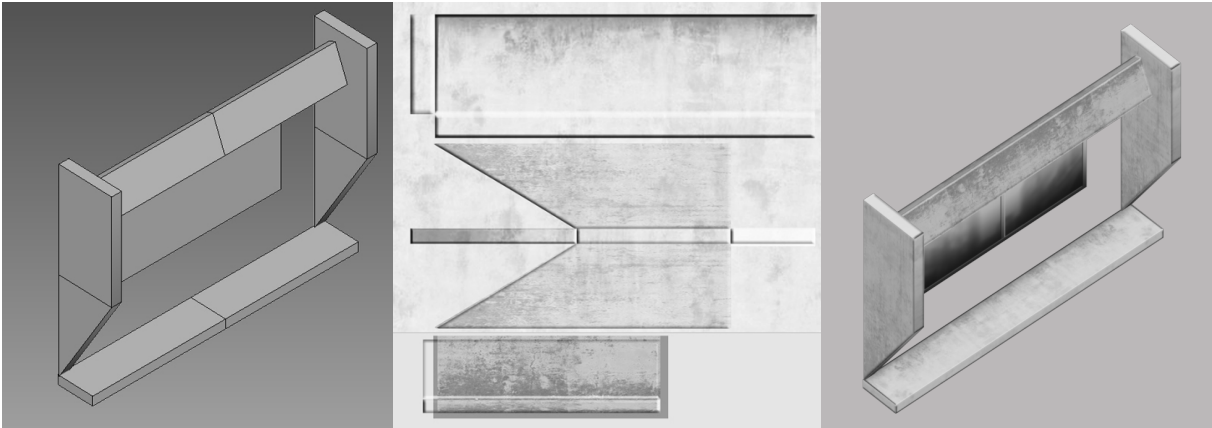
edificio chicago school



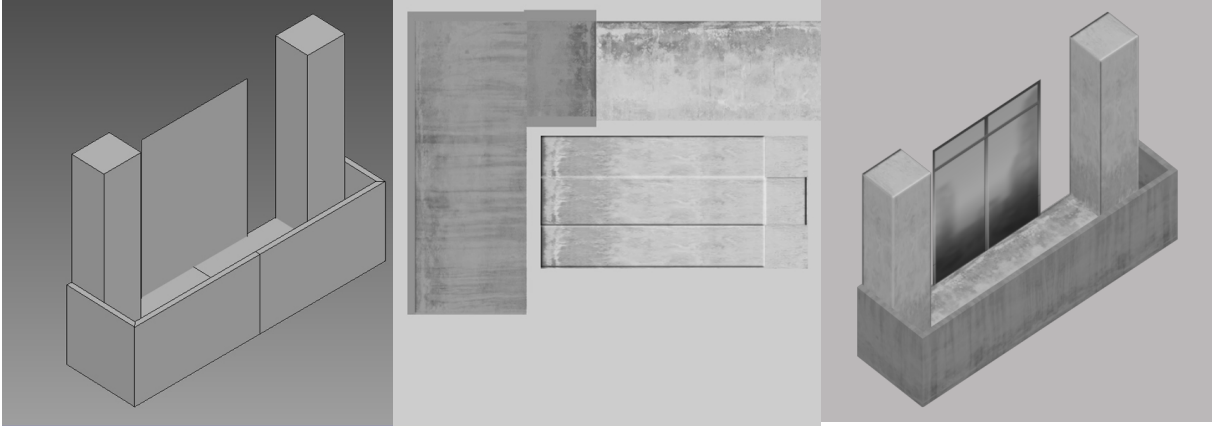
# 4.5 Modernista



módulo tipo 1



módulo tipo 2



módulo tipo 3



pilotis tipo 1



pilotis tipo 2



reboco



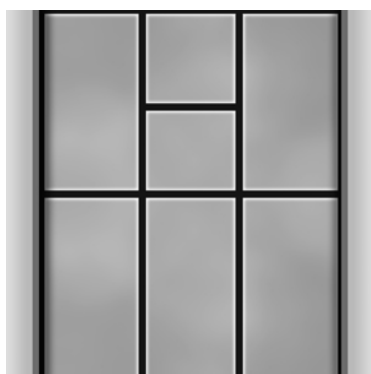
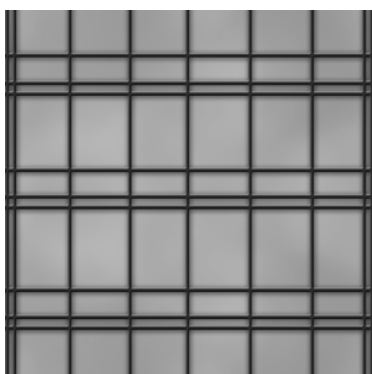
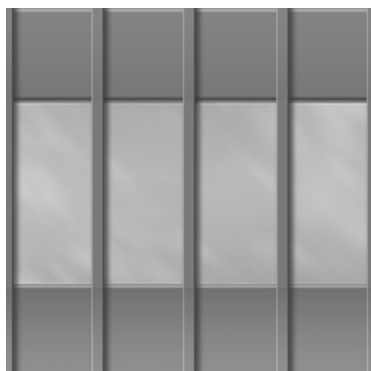
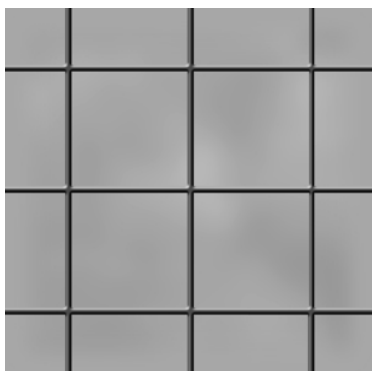
concreto



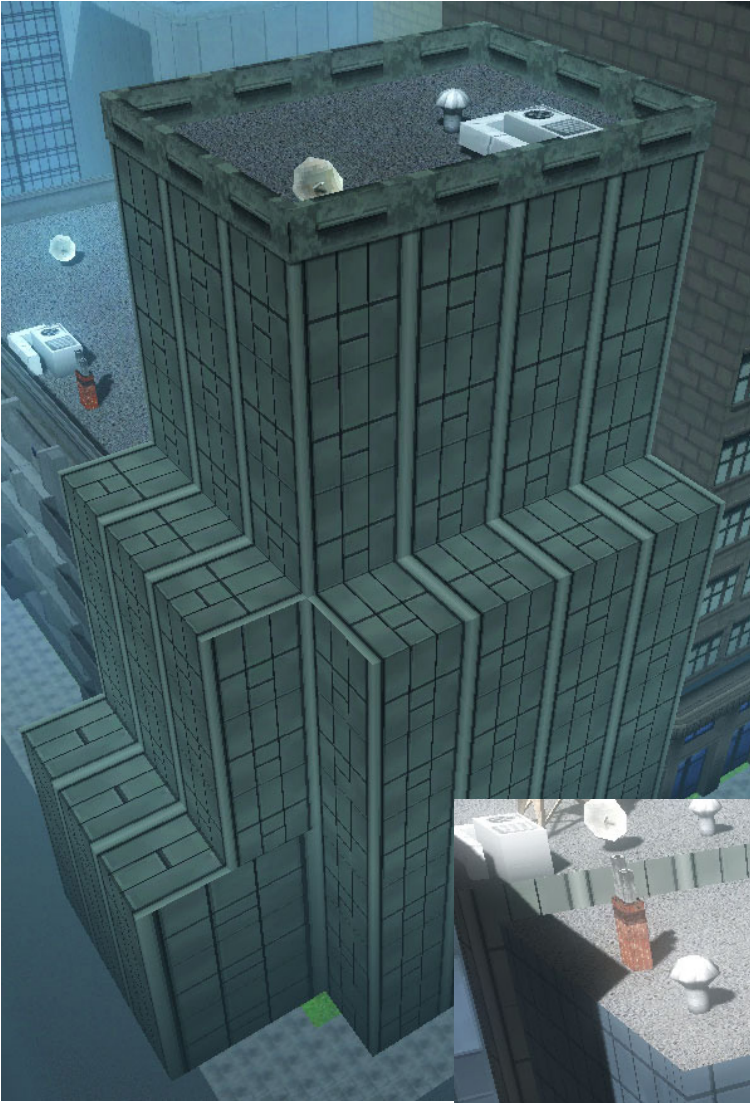
edificio modernista



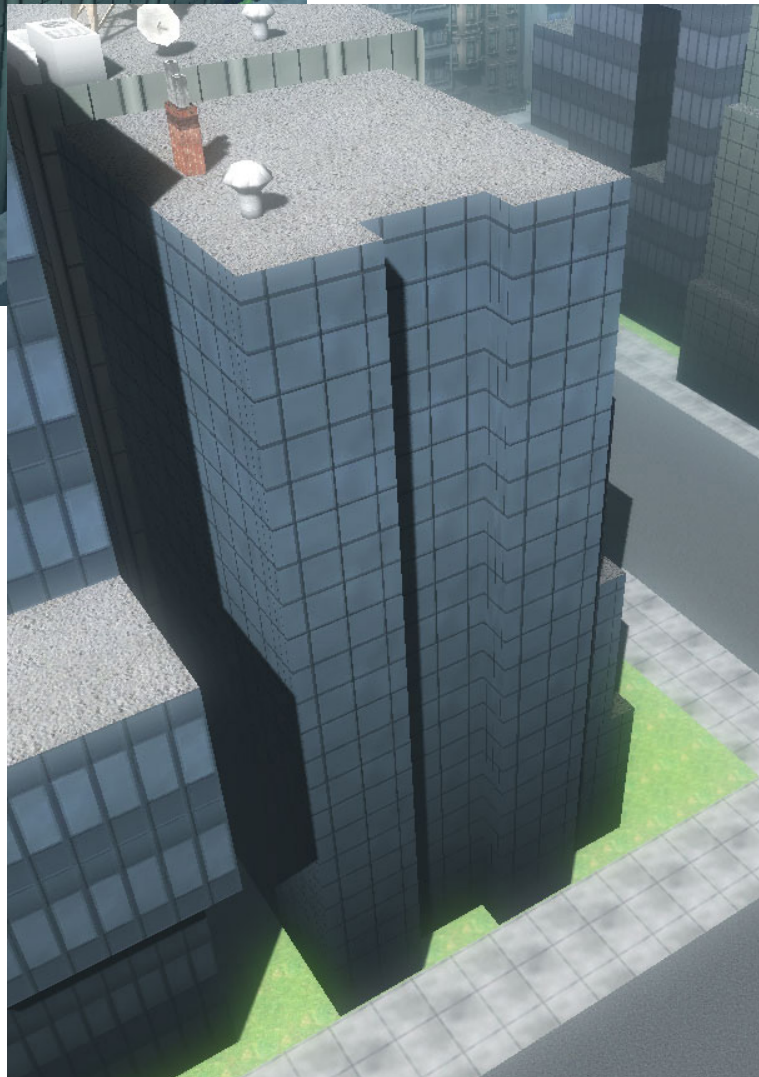
## 4.6 Internacional



vidro



edificio internacional





# Parte 5 - Glossário

Esta parte provê explicações para termos técnicos utilizados ao longo do documento. É recomendável consultar estas definições durante a leitura completa do documento.

### [1] Geração Procedural de Conteúdo:

Geração procedural de conteúdo é a geração programática de conteúdo de jogo usando processos randômicos ou pseudorrandômicos que resultam em uma variedade imprevisível de espaços de jogo.

### [2] Gramática de Formas:

Gramática de Formas consiste em regras de forma e um motor de geração que seleciona e processa essas regras. Uma regra de forma define como uma forma existente pode ser transformada.

### [3] Low Poly

Low poly é uma malha poligonal em computação gráfica tridimensional que possui poucos polígonos. Malhas low poly ocorrem normalmente em aplicações em tempo real e contrastam com as malhas high poly de filmes animados e efeitos especiais da mesma época. O termo low poly é usado tanto como termo técnico como em um senso descritivo; o número de polígonos em uma malha é um fator importante para otimizar a performance mas pode resultar em uma aparência indesejada nos gráficos.

Malhas de polígonos é um dos principais métodos de modelagem de objetos tridimensionais para visualização em um computador. Polígonos podem, em teoria, ter um número qualquer de lados, mas são normalmente destrinchados em triângulos para visualização. Geralmente quantos mais triângulos possui uma malha, mais detalhado é um objeto, assim como mais computacionalmente intensivo é mostrá-la.

### [4] Fps (frames por segundo) / Cadência

FPS em vídeo games se refere a velocidade com qual a imagem é atualizada (em frames por segundo). O FPS afeta a experiência de um jogador conforme um FPS muito baixo não dá ao jogador a ilusão de movimento de maneira efetiva, o que afeta a capacidade de um usuário de interagir com o jogo.

Muitos processos encobertos de um jogo, como a detecção de colisões e o processamento de redes, rodam em velocidades diferentes e inconstâtes ou em componentes de hardware diferentes de um computador. Isso faz com que o FPS de um jogo possa variar bastante. Por isso muitos jogos propositalmente travam o seu FPS em um valor mais baixo do que a capacidade máxima do computador para garantir uma velocidade mais constante e um movimento mais macio.

### [5] Draw Call

Esta definição está usando as mecânicas do motor Unity como referência. Draw call é uma função utilizada por um programa para instruir a placa gráfica a renderizar algo. Em jogo isso é normalmente feito diversas vezes a cada frame. Em geral existe um draw call para cada material utilizado em um objeto.

## [6] Draw Call Batching

Esta definição está usando as mecânicas do motor Unity como referência. O Unity pode combinar os draw calls de diferentes objetos em um único draw call. Isto só pode ser feito quando objetos possuem o mesmo material. Essa operação é chamada de batching e é feita para melhorar a performance de um jogo.

## [7] Mesh Morphing

Mesh Morphing é uma técnica para modificar uma malha através de uma operação comparativa com base em uma segunda malha de configuração similar e com o mesmo número de vértices que a primeira.

## [8] Motor de jogo

É um programa de computador e/ou conjunto de bibliotecas, para simplificar e abstrair o desenvolvimento de jogos eletrônicos ou outras aplicações com gráficos em tempo real, para videogames e/ou computadores rodando sistemas operacionais. A funcionalidade tipicamente fornecida por um motor de jogo inclui: um motor gráfico para renderizar gráficos 2D e/ou 3D, um motor de física para simular a física ou simplesmente para fazer detecção de colisão, suporte a animação, sons, inteligência artificial, networking, gerência de memória, gerência de arquivos, gerência de linha de execução, suporte a grafos de cena e entidades e, suporte a uma linguagem.

## [9] Jogabilidade

é um termo na indústria de jogos eletrônicos que inclui todas as experiências do jogador durante a sua interação com os sistemas de um jogo, especialmente jogos formais, e que descreve a facilidade na qual o jogo pode ser jogado, a quantidade de vezes que ele pode ser completado ou a sua duração.<sup>1</sup>

## [10] Tile:

No contexto utilizado em muitos jogos eletrônicos, tile é a unidade mínima de divisão de uma superfície. Tiles são muito utilizados para criar a ocupação de um cenário.

## [11] Mods:

Um mod ou modificação é uma alteração de um jogo eletrônico para que ele pareça ou opere de uma maneira diferente da original. Mods são feitos pelo público geral ou por desenvolvedores e podem ser jogos inteiramente novos por si só. Porém, mods irão requerer o jogo original para que possam funcionar.



## Parte 6 - Referências

## Livros

- CHING, F.D.K. **Architecture, Form, Space and Order**. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- CHING, F.D.K. **A Visual Dictionary of Architecture**. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, 2012.
- FRANK, P. **Alas, Babylon**. Philadelphia, J.B. Lippincott & Co., 1959.
- HANEMAN J.F. **Pictorial Encyclopedia of Historic Architectural Plans Details and Elements**. Mineola, Dover, 1984.
- KING, Stephen. **The Stand**. New York, Doubleday, 1978.
- KIRKMAN, Robert. **The Walking Dead**, Berkeley, image Comics, 2003.
- MCCARTHY, Cormac. **The Road**. New York, Alfred A. Knopf, 2006.
- MILLER, Walter. **A Canticle for Leibowitz**. Philadelphia, J. B. Lippincott & Co., 1960.
- NIVEN, Larry; POURNELLE, Jerry. **Lucifer's Hammer**, Chicago, Playboy Press, 1977.

## Artigos

- MÜLLER, P. et al. **Procedural Modeling of Buildings**, ETH Zürich, Arizona State University, K.U. Leuven, 2009.
- PARISH, H.I.Y.; MÜLLER, P. **Procedural Modeling of Cities**. Switzerland, 2001.
- WONKA, P. et al. **Instant Architecture**. Georgia Institute of Technology, Vienna University of Technology, INRIA, 2003.

## Softwares

- Crusader Kings 2**, Paradox Development Studio, 2013.
- Democracy 3**, Positech Games, 2013.
- Dwarf Fortress**, Bay 12 games, 2006.
- Liberal Crime Squad**, Bay 12 Games, 2002.
- Sim City**, Maxis, 1989.
- Subversion**, Introversion, 2011.
- Tropico 4**, Haemimont Games, 2011.