

Alfredo José de Paula Barbosa - 16890  
Michell Stuttgart Faria - 16930  
Paulo Vicente Gomes dos Santos - 15993

**SAGA Game Library**  
**Biblioteca para desenvolvimento**  
**de jogos eletrônicos 2D**

Itajubá - MG

Alfredo José de Paula Barbosa - 16890  
Michell Stuttgart Faria - 16930  
Paulo Vicente Gomes dos Santos - 15993

**SAGA Game Library**  
**Biblioteca para desenvolvimento**  
**de jogos eletrônicos 2D**

Monografia apresentada para o Trabalho  
de Diploma do curso de Engenharia da  
Computação da Universidade Federal de  
Itajubá.

Orientador: Prof. Dr. Enzo Seraphim

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI  
INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO  
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Itajubá - MG

*“A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isso fica sendo a minha última e mais elevada descoberta”.*

*Principia, Book III, Isaac Newton*

# Agradecimentos

A cada mestre das nossas escolas e famílias, que nos guiaram na construção do conhecimento, dos átomos e das células, dos números e das palavras, dos fenômenos da natureza e dos mistérios da alma, da convivência, da responsabilidade e da dedicação. A cada amigo e familiar que estava lá, tanto nas lutas quanto nas vitórias, como esta, pela graça de Deus, de quem é toda a glória.

# Sumário

**Lista de Figuras**

**Resumo**

**Abstract**

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	p. 9
1.1	Motivação . . . . .	p. 10
1.1.1	Mercado de <i>games</i> : Panorama mundial . . . . .	p. 10
1.1.2	Brasil – problemas enfrentados nos últimos dez anos . . . . .	p. 10
1.1.3	Brasil – o que mudou nos últimos cinco anos . . . . .	p. 11
1.2	Objetivos . . . . .	p. 13
<b>2</b>	<b>Desenvolvimento</b>	p. 15
2.1	Especificação dos requisitos do projeto . . . . .	p. 16
2.1.1	Baixa curva de aprendizado . . . . .	p. 16
2.1.2	Gerenciamento automático de recursos . . . . .	p. 17
2.1.3	Arquitetura multi-plataforma . . . . .	p. 17
2.1.4	Suporte a diversos formatos de arquivos . . . . .	p. 17
2.1.5	Renderização acelerada por <i>hardware</i> e gráficos 2D . . . . .	p. 17

2.1.6	Suporte a eventos de sistemas e a dispositivos de entrada .	p. 18
2.1.7	Suporte ao editor de níveis Tiled . . . . .	p. 18
2.2	Projeto do sistema . . . . .	p. 19
2.2.1	Linguagem de Programação . . . . .	p. 20
2.2.2	Allegro . . . . .	p. 22
2.2.3	Suporte ao Tiled . . . . .	p. 26
2.3	Implementação da biblioteca . . . . .	p. 28
2.3.1	SGL . . . . .	p. 29
2.3.2	SGL Input . . . . .	p. 43
2.3.3	SGL Font . . . . .	p. 45
2.3.4	SGL Áudio . . . . .	p. 48
2.3.5	SGL Image . . . . .	p. 50
2.4	Testes . . . . .	p. 60
<b>3</b>	<b>Conclusão</b>	p. 62
	<b>Referências Bibliográficas</b>	p. 63

# Lista de Figuras

1.1	Quantidade de empresas fundadas por ano. [GEDIGames 2010]	p. 13
2.1	<i>printscreen</i> da interface do Tiled.	p. 19
2.2	Esquema estrutural da SGL.	p. 29
2.3	UML da classe Video.	p. 32
2.4	Display criado com o uso da classe Video.	p. 33
2.5	Uso de vetores na simulação de gravidade. Fonte: [GODOY 2008]	p. 34
2.6	Exemplo de uso da classe Geometrics.	p. 37
2.7	UML detalhando as classes Resource e ResourceManager.	p. 39
2.8	UML detalhando a classe KeyboardManager.	p. 43
2.9	UML detalhando a classe MouseManager.	p. 45
2.10	UML das classes FontResource e Font.	p. 46
2.11	Exemplo de uso classe Font.	p. 48
2.12	Exemplo de <i>tileset</i> . Fonte: OpenGameArt	p. 51
2.13	Exemplo de um cenário construído com tileset.	p. 52
2.14	Cenário construído usando o Tiled e a classe TMXTileMap.	p. 54
2.15	UML com detalhes das classe AnimatedSprite e suas classes auxiliares.	p. 56
2.16	Exemplo de <i>spritesheet</i> . Fonte: [SITHJESTER]	p. 57

# Resumo

Uma biblioteca de jogos ou *game engine* pode ser vista como um conjunto de recursos e ferramentas para a construção de um jogo. Você pode criar um jogo sem uma biblioteca básica, assim como você pode criar uma mesa de madeira sem pregos, martelos, parafusos, chaves de fenda e serras, mas as vantagens que as ferramentas proporcionam justificam chamá-las de necessárias. O nível dessas ferramentas varia: algumas *engines* se limitam a códigos, ou seja, constantes, variáveis, funções e classes relacionadas, mas outras contam com interfaces gráficas que possibilitam o desenvolvimento de um jogo sem codificação alguma. De qualquer forma, uma *game engine* precisa proporcionar, no mínimo, ferramentas para manipular sons, imagens (texto, imagens, etc), memória (dados) e controle (teclado, mouse, etc).

**Palavras-chave:** *game engine*, jogos eletrônicos, ferramentas de desenvolvimento.



# Abstract

A game engine is a set of game development resources and tools. One may create a game without a base engine, just like one can create a wooden table without nails, hammers, screws, screwdrivers and saws, but the advantages tools provide legitimate calling them necessary. These tools' level vary: some engines are only about code, i.e. constants, variables, functions and related classes, but others come with graphic interfaces that enable the development of a game without any coding. Anyway, a game engine must provide, at least, sound, images (text, images, etc), memory (data) and control (keyboard, mouse, etc) manipulation tools.

**Keywords:** game engine, electronic games, development tools.

# 1 Introdução

Desde os primórdios da humanidade a competição é uma forma de diversão muito popular. O objetivo de qualquer competição é testar uma habilidade individual ou grupal e destacar quem ganha. Embora essa característica ainda seja a mesma, a competição está condicionada a uma evolução que pode ser notada, por exemplo, na corrida: no começo ela era individual e só testava a velocidade e a resistência da pessoa; hoje uma corrida automobilística testa a resistência, a destreza, a inteligência e a tecnologia da equipe. Mas essa evolução não se dá só na complexidade da competição, ela se manifesta da mesma forma na sua abstração. Os jogos de estratégia que nós conhecemos hoje, por exemplo, são versões abstratas das competições físicas. A aptidão física de cada criatura imaginária é determinada por alguma característica interna do jogo, porque o que o jogo de estratégia testa é o raciocínio e a estratégia da pessoa e não a sua capacidade física propriamente dita. O xadrez internacional, simulando uma guerra da Idade Média, é um caso concreto dessa evolução. Com o avanço da microeletrônica e da computação, no entanto, o jogo de estratégia ganha uma plataforma que pode simular não só um sistema de lógica, mas toda uma realidade virtual. Qualquer jogo pode ganhar uma versão eletrônica. O jogo eletrônico, portanto, não é só uma brincadeira de criança, ele é na verdade o último estágio de um passatempo milenar. Isso se confirma pela movimentação de recursos e ganhos da indústria dos jogos eletrônicos desta geração.

## 1.1 Motivação

### 1.1.1 Mercado de *games*: Panorama mundial

Atualmente o mercado de games é consolidado como um dos principais dentro do segmento de entretenimento, junto das indústrias cinematográfica, fonográfica e literária, estando atrás apenas das indústrias bélica e de automóveis. Além disso, é o que cresce mais rapidamente, à medida que o hardware utilizado se torna mais poderoso, uma nova geração de software é desenvolvida, causando uma experiência nova de interação do jogador. Esse crescimento é de fato acelerado, pois de um modo geral a performance dos processadores dobra a cada 12 a 18 meses. Outros fatores importantes são as mudanças no desenvolvimento dos games que passaram a ter grandes investimentos, e também o crescimento do público-alvo influenciado pelos meios de comunicação, tendo os Estados Unidos como o principal mercado consumidor.

### 1.1.2 Brasil – problemas enfrentados nos últimos dez anos

No cenário brasileiro, o mercado de games comporta-se timidamente em relação ao panorama internacional. Há controvérsias em relação a esse assunto. Para alguns o mercado está ainda em formação, e para outros, já está implantado e até certo ponto consolidado, mas necessita de ajustes. Há pouquíssimo interesse das empresas internacionais se instalarem no Brasil. Os motivos passam pela estrutura do mercado onde a pirataria tem grande influência. Em 2006, o número de produtos piratas representava impressionantes 90% [GEDIGames 2010] dos jogos comercializados. Outro agravante é a alta tributação, causando a desestruturação do mercado interno e não justificada uma vez que não existem hardwares de videogames de última geração sendo produzidos no Brasil. O setor tem carência de profissionais mais especializados e experientes. A maioria das empresas é muito jovem. Os profissionais brasileiros mais experientes preferem trabalhar fora do país. Conhecidos pela técnica e profissionalismo, além da paixão pelos jogos, eles

acabam sendo contratados por empresas fora do País e muitas vezes não voltam. Segundo Davi Nakano - professor Doutor da Universidade de São Paulo - uma maneira de ajudar o setor é criando demanda, que poderia vir, por exemplo, com a valorização de jogos para o ensino, nas escolas.

### **1.1.3 Brasil – o que mudou nos últimos cinco anos**

Apesar de tantos problemas, nosso país é um mercado em potencial. Temos tudo para ser uma força na indústria de jogos. O mercado está em ritmo acelerado de crescimento e os videogames são a principal forma de entretenimento para os brasileiros de todas as idades. De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) [GEDIGames 2010], o setor de jogos eletrônicos nacional ainda precisa melhorar, principalmente no que diz respeito a incentivo às empresas de games a criarem mais propriedades intelectuais que possam virar franquias e serem comercializadas tanto aqui quanto no exterior. E ainda, melhorar a qualidade profissional na formação e oferta de empregos. De fato, estão sendo feitos esforços para tornar o país mais amigável em relação a essa questão. Nos últimos anos, o governo brasileiro abriu os olhos e está dando mais atenção à indústria de games. Surgiram parcerias com empresas internacionais e também com universidades para dar mais suporte e condições ao recém-formado para futuras vagas no mercado de trabalho. Também a implementação de políticas públicas, para que haja condições de desenvolvimento e proteção aos produtos nacionais. Hoje contamos com 26 universidades com cursos que envolvem jogos, e o público alvo do nosso mercado tem mais de 45 milhões de usuários [GEDIGames 2010]. Em jogos educativos, o Brasil já é uma referência mundial. As empresas especializadas no ramo têm se multiplicado no País. Segundo estudo da Associação Brasileira dos Desenvolvedores de Games (Abragames) existem 220 empresas no país. Há pouco tempo atrás, em 2008, eram somente 48. Já somos o quarto maior consumidor de jogos eletrônicos, atrás apenas de Ásia, Europa e Estados Unidos. Em contradição com a maioria dos países, onde o setor tem encolhido, o Brasil é o

país onde o mercado de jogos eletrônicos mais cresceu em 2012, sendo que houve um aumento de 60% se comparado a 2011. Além disso, São Paulo é o maior mercado consumidor de games originais do mundo. Em cerca de 10 anos reduzimos a pirataria de 90% para próximo de 50% [GEDIGames 2010], e na América Latina já somos o país com o melhor desempenho nesse combate. Fato é que há muito ainda de jogos piratas a diminuir, mas essa redução já tem um impacto extremamente positivo no mercado de games. Cada dólar investido em software oficial injeta 437 dólares no setor. Um fenômeno recente também é a troca de geração dos consoles. Por um lado, tem-se o compartilhamento de conteúdo diretamente em lojas *online* e a redução do consumo de mídia física, já que a mídia digital está ganhando cada vez mais espaço. Por outro lado os games para *tablet*, celulares e jogos online devem continuar crescendo por serem opções de baixo custo e que rodam em dispositivos que o usuário já possui. Esses fatores inevitavelmente ajudam no combate a pirataria, fazendo com que o usuário preferisse a compra do produto original a investir em um produto não-original. Essa mudança de comportamento por parte do consumidor fez com que um mercado, que antes era visto como inseguro, passasse a ser considerado um mercado promissor pelas empresas desenvolvedoras de software, incluindo as desenvolvedoras de *games*.

Com o crescimento da área de desenvolvimento de jogos eletrônicos, surge também a necessidade de encontrar mão-de-obra capacitada, necessidade esta que é uma das maiores reclamações das indústrias de desenvolvimento de *games* do Brasil. Por se tratar de uma área de desenvolvimento recente, é difícil encontrar profissionais capacitados na área. Uma das soluções mais simples para esta carência de mão-de-obra é incentivar estudantes, sejam eles de nível técnico ou universitário, a aprender sobre as ferramentas e técnicas mais utilizadas no desenvolvimento de um jogo eletrônico. Assim, torna-se de suma importância a implementação de ferramentas que facilitem o primeiro contato do estudante com essa complexa área de desenvolvimento, motivo este que nos motivou a criação da *SAGA Game Library*.

Figura 4: ano de fundação das empresas

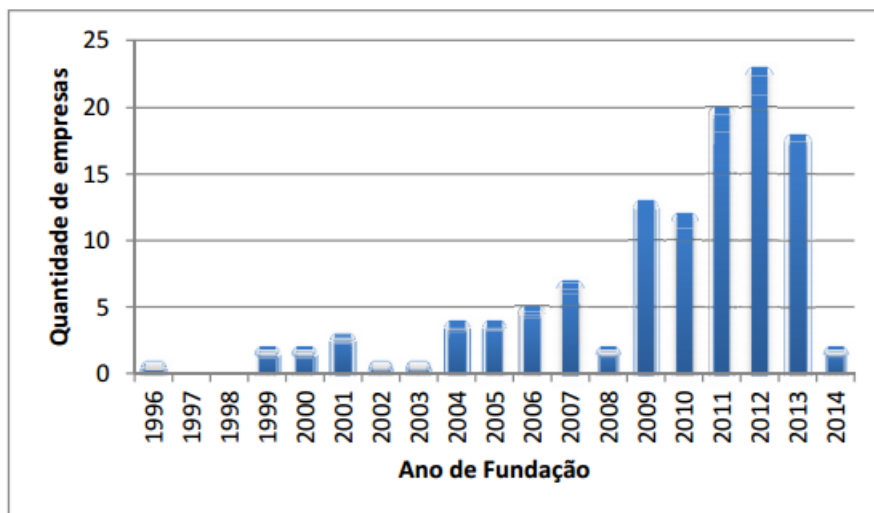


Figura 1.1: Quantidade de empresas fundadas por ano. [GEDIGames 2010]

## 1.2 Objetivos

A *SAGA Game Library* foi desenvolvida tendo em foco o meio acadêmico. Com o aumento do mercado de desenvolvimento de jogos eletrônicos no país, surge a necessidade de investir na capacitação de profissionais para atender a essa demanda. Não apenas profissionais do setor precisam estar em constante atualização, mas os agora estudantes e futuros profissionais também precisam de capacitação. É para esse último que é direcionada esta biblioteca de desenvolvimento. Seu objetivo primário é possibilitar ao usuário, seja ele um estudante ou entusiasta, o primeiro contato com o mundo do desenvolvimento de jogos.

É certo que já existem muitas *game engines*, inclusive em C++, mas o estudo é o piso de todas as descobertas científicas, o que justifica e motiva o desenvolvimento de uma biblioteca de jogos didática. Esta é a nossa proposta: uma camada de orientação a objetos envolvendo a Allegro de uma forma simples e didática.

Simplicidade, eficiência e aprendizado são as palavras-chave da *SAGA Game Library*.

## 2 Desenvolvimento

O desenvolvimento da *SAGA Game Library* ou SGL, assim como todo *software*, passou por diversas etapas para que no final torna-se possível obter um produto condizente com a proposta do trabalho.

O desenvolvimento de um *software*, de maneira geral, sempre é composto das seguintes etapas:

- Especificação dos requisitos do *software*: Descrição do objetivo e do se espera do *software*.
- Projeto do sistema: decisão dos conceitos relacionado ao que deve ser implementado, incluindo a escolha da linguagem de programação adequada, sistema operacional alvo, bibliotecas e ferramentas auxiliares.
- Implementação: O próprio desenvolvimento do *software*. Consiste na transformação de todo conteúdo formulado na fase de projeto em código.
- Teste e depuração: Fase que consiste no teste do *software* já implementado e procura por erros e correção destes.

A SGL também seguiu de maneira consistente as etapas acima. A seguir serão descritas as particularidades de cada uma delas.



## 2.1 Especificação dos requisitos do projeto

O objetivo inicial deste trabalho de conclusão de curso consistia na implementação de um *game* online que utilizasse toda a base teórica vista durante o curso de graduação. Entretanto após análise do conteúdo e recursos necessários para realizar tal projeto, conclui-se que o mesmo demandaria um custo alto, tanto em relação a mão-de-obra quanto ao conhecimento necessário para fazê-lo. Com base nessa conclusão, seguimos em busca de outros temas de projeto ainda relacionados a área de jogos eletrônicos. Após alguns estudos sobre o mercado de desenvolvimento de jogos, chegamos ao consenso de desenvolver uma biblioteca de desenvolvimento de jogos voltada para o meio acadêmico.

A escolha do público alvo da biblioteca teve grande influência nos requisitos exigidos no desenvolvimento desse *software*. Uma vez que a biblioteca deveria ser voltada ao meio acadêmico, ou seja, ao ensino, ela deveria apresentar uma baixa curva de aprendizado sem dispensar recursos importantes para uma *game engine*. A seguir, estão listados os requisitos que a biblioteca deverá apresentar ao final de sua implementação.

### 2.1.1 Baixa curva de aprendizado

como dito anteriormente, a biblioteca é voltada para estudantes e entusiastas que possuem pouca ou mesmo nenhuma experiência na área de programação de jogos eletrônicos. Assim, torna-se essencial que a *engine* seja de fácil uso, de modo que o usuário sinta-se a vontade e amparado para desenvolver seus projetos e não desestimulado por utilizar uma ferramenta que apresenta um modo intuitivo de uso.

### 2.1.2 Gerenciamento automático de recursos

em desenvolvimento de jogos, os chamados recursos ou *resources*, são arquivos de imagens, fontes de texto *True Type* e arquivos de áudio. O gerenciamento de recursos possibilita considerável redução no uso da memória RAM destinada aos recursos e no tempo de carregamento dos mesmos.

### 2.1.3 Arquitetura multi-plataforma

Um dos requisitos fundamentais da biblioteca. Um dos principais objetivos da SGL é ser compatível pelo maior número de plataformas possíveis de modo que o usuário sintá-se a vontade para desenvolver em sua plataforma preferida.

### 2.1.4 Suporte a diversos formatos de arquivos

Suporte a arquivos de imagens (.PNG, .JPG e .BMP), de font *True Type* e reprodução de arquivos de áudio (.ogg e .wav). São os tipos de arquivos mais comuns utilizados em jogos. As fontes *True Type* são preferidas ao invés das fontes *bitmap*, por estas últimas não suportarem *anti-aliasing*.

### 2.1.5 Renderização acelerada por *hardware* e gráficos 2D

Um pré-requisito para todas *game engine* é fazer uso dos *hardwares* mais atuais. Algumas API's como a popular SDL, possuem suporte apenas a renderização por software para gráficos 2D, o que aumentava consideravelmente o uso do processador durante as rotinas de desenho do jogo. O único modo de obter a aceleração por *hardware*, usando diretamente a placa de vídeo, era utilizar a OpenGL para realizar as rotinas de renderização. Esse hibridismo entre SDL e OpenGL aumenta em muito a complexidade de implementação de um jogo onde a aceleração por *hardware* se faz necessária. Com isso em mente, a *SAGA Game Library* deveria fornecer essa aceleração por *hardware* para rotinas de renderização 2D de um

modo que o desenvolvedor que estivesse utilizando a biblioteca não precisasse de preocupar em usar outras API's para este fim.

### 2.1.6 Suporte a eventos de sistemas e a dispositivos de entrada

A biblioteca deveria ser capaz de receber eventos de teclado, *mouse* e *joystick*. Suporte a dispositivos com tela *touch* era uma opção secundária.

### 2.1.7 Suporte ao editor de níveis Tiled

A edição de níveis ou cenários são uma das tarefas mais complexa no desenvolvimento de um jogo. Todo o processo desde a elaboração artística do cenário até a maneira com o jogador irá interagir com o mesmo, exigem muito planejamento e demanda muito esforço em sua implementação. Com o objetivo de facilitar esse trabalho, surgiram os editores de níveis.

Os editores de níveis são *softwares* destinados a construção de cenários em jogos, o que faz deles ferramentas de grande importância para uma *game engine*. Neste ponto, existem duas opções disponíveis para que deseja implementar uma *engine*. Desenvolver seu próprio editor ou utilizar um editor externo, desenvolvido por terceiros. Desenvolver um editor próprio demanda muito estudo e tempo de desenvolvimento além do que já é necessário para implementar a *engine*. Tendo isso em mente, chegou-se a conclusão que o melhor seria oferecer suporte a um editor externo, no qual o editor Tiled foi escolhido.

O software Tiled [THORBJORN 2013] é uma ferramenta gratuita desenvolvida em C++ para a criação de layouts e mapas usando *tilesets* baseado na técnica de *Tilemap*. Ele suporta mapas com projeções ortogonais e isométricas e ainda permite que objetos personalizados sejam salvos como imagens na resolução que desejar. Tem suporte também a comandos externos, *plugins* e formatos usados por outros editores. É possível, ainda, redimensionar e alterar o mapa posteriormente,

criar múltiplos mapas em uma única sessão e ainda salvar ou restaurar até nove vezes. Com ele pode-se especificar o tamanho de cada *tile* em um *tileset*, ou criar um mapa sem tamanho estrito sobre as imagens [BRUNNER 2012].

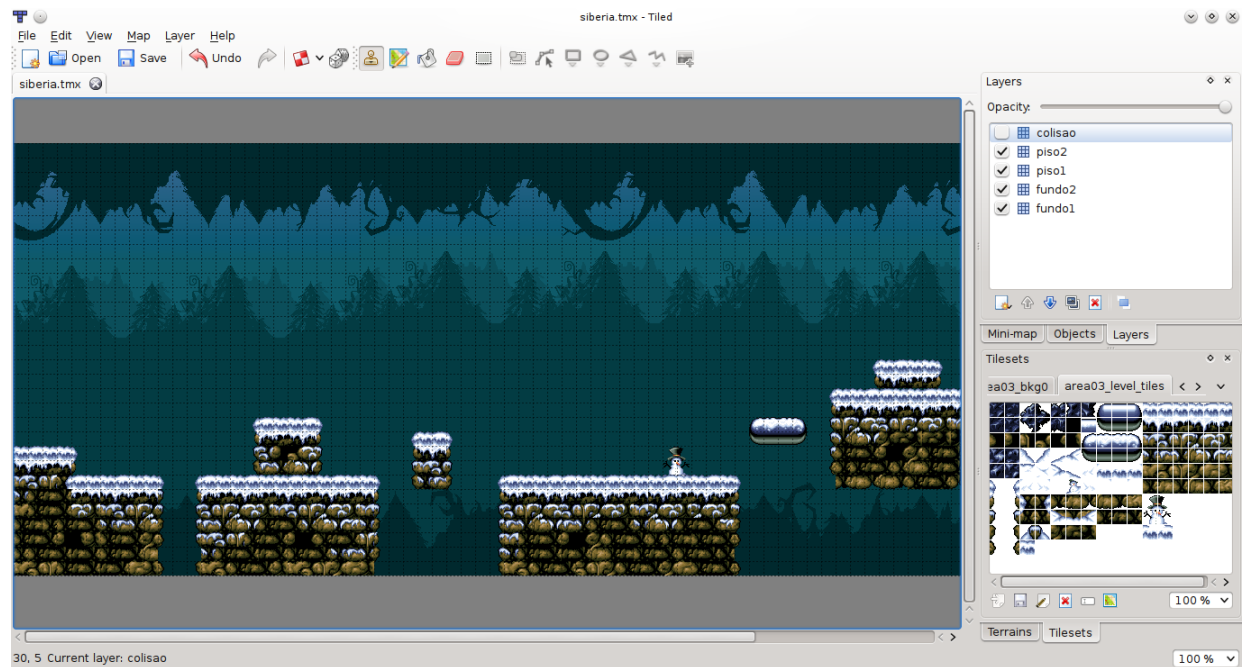


Figura 2.1: *printscreen* da interface do Tiled.

Mesmo que o desenvolvedor não queira que seu jogo seja baseado em *tiles*, o software é ainda uma excelente escolha como um editor de níveis. Pode-se usá-lo também nas entidades invisíveis, tais como áreas de colisão e o aparecimento de objetos dentro do mapa. Por sua simplicidade ela pode ser usada por programadores iniciantes ou experientes.

## 2.2 Projeto do sistema

Após definido os requisitos do sistema, a próxima etapa foi dar início ao desenvolvimento do projeto. O primeiro passo foi definir, com base nos requisitos e no conhecimento dos envolvidos qual seria a linguagem de programação mais ade-

quada ao problema e qual API deveríamos usar para as rotinas de renderização, leitura dos dispositivos de entrada, reprodução de áudio e etc.

### 2.2.1 Linguagem de Programação

Até a década de 90 cada jogo tinha a sua *engine*, feita para possibilitar a maior eficiência no uso da memória e da unidade de processamento possível, de acordo com as exigências de cada jogo. Um jogo que só usava formas geométricas, por exemplo, não precisava tratar imagens na sua *engine*. O nível da microeletrônica e da computação já possibilita o uso de *engines* genéricas, mas o desenvolvimento de uma ainda demanda uma programação muito próxima da máquina.

É por isso que a escolha da linguagem de programação precisa ser feita com cuidado. Considerando o conhecimento da equipe e o propósito do projeto, que era uma *engine* didática, para influenciar o designe e o desenvolvimento de jogos de acordo com o nosso alcance, as linguagens de programação selecionadas para a análise foram Actionscript, C++, C# e Java, de acordo com a simplicidade, o poder e a compatibilidade de cada uma.

#### Estudo Comparativo

O Actionscript é uma linguagem orientada a objetos desenvolvida pela Macromedia. O que no início era uma ferramenta para controlar animações se tornou uma linguagem de script tão complexa que podia ser usada no desenvolvimento de um jogo. Embora essa linguagem ainda seja muito usada no desenvolvimento de jogos de web, o que provocou a decisão contrária a ela foi a expectativa de que o HTML 5 viesse a incorporar o Javascript e, dessa forma, modificar ou inutilizar o Actionscript.

O C# (C Sharp) é uma linguagem multi-paradigma da Microsoft feita para o desenvolvimento de sistemas próprios para a plataforma .NET. C# e Java compartilham a mesma simplicidade na leitura e na codificação, assim como a mesma

forma de interpretação e compilação, mas um programa em C# está mais próximo da máquina do que um programa em Java. A escolha parecia feita quando nós entendemos que a ligação do C# com a Microsoft poderia custar a compatibilidade do nosso jogo.

Java é uma linguagem orientada a objetos desenvolvida pela Sun, hoje possuída pela Oracle. A sua fama de espaçosa e pesada não é coerente com a realidade: hoje a linguagem conta com a Compilação na Hora ou *Just in Time Compilation (JIT Compilation ou só JIT)*, para que a sua execução não seja mais interpretada. Mas a sua principal característica é a compatibilidade: a Máquina Virtual do Java ou Java Virtual Machine (JVM) é uma plataforma virtual que pode ser feita compatível para qualquer plataforma física.

Por mais evoluída que seja a JVM, no entanto, o Java não admite o acesso à máquina necessário para o desenvolvimento de uma *game engine*, senão com o uso do C++, por meio da Interface Nativa do Java ou Java Native Interface (JNI). Em outras palavras, para usar o Java, nesse caso, nós teríamos que usar o C++. Esta, por sua vez, não é a mais simples na codificação, mas não tem limitação alguma tanto em termos de compatibilidade quanto em termos de acesso à máquina.

## **A Escolha: C++**

C++ (C Mais Mais ou C Plus Plus) [MIZRAHI 2006] é uma linguagem de programação multi-paradigma, com suporte para a programação imperativa e a programação orientada a objetos, de uso geral, desenvolvida por Bjarne Stroustrup, para formar uma camada de orientação a objetos sobre a linguagem de programação C. O C++ possibilita a programação de baixo nível assim como a programação de alto nível e por isso é considerado uma linguagem de programação de nível médio em termos de proximidade da máquina.

Após o estudo comparativo acima, concluímos que a linguagem C++ seria a melhor opção para o projeto em questão. Tal decisão foi baseada em diversos

fatores como experiência e domínio da linguagem pelos envolvidos no projeto, o desempenho das aplicações escritas nesta linguagem e o fato de C++ ser a linguagem de programação mais usada em desenvolvimento de jogos. Uma vez que o objetivo da biblioteca é ser uma porta de entrada para essa área, a escolha da linguagem faz com que o usuário já se familiarize com a mesma. Por último e não menos importante, o C++ é uma linguagem 100% compatível com a API escolhida como base para a nossa *engine* que será abordada a seguir.

### 2.2.2 Allegro

Nas nossas pesquisas para escolher uma biblioteca com a qual trabalhar, duas se destacaram: a Allegro e a SDL. A SDL (Simple Direct Media Layer - Camada de Mídia Direta Simples) é uma popular biblioteca multimídia simples de usar, multiplataforma, de código aberto, e amplamente usada para fazer jogos e aplicações multimídia. Ela poderia também atender as nossas necessidades, mas a Allegro se destacou por ter um código mais limpo e intuitivo, e rotinas específicas para o desenvolvimento de jogos, como renderização acelerada por hardware e suporte nativos a diversos formatos de imagens e arquivos de áudio. Por esta razão ela foi escolhida.

Allegro [ALLEGRODOC] é uma biblioteca gráfica multiplataforma, de código fonte aberto e feita na sua maioria em C, mas utilizando internamente também Assembly e C++. Seu nome é um acrônimo recursivo que representa “*Allegro Low Level Game Routines*” (“Rotinas de jogo de baixo nível Allegro”). Funciona em diversos compiladores e possui rotinas para a manipulação de funções multimídia de um computador, além de oferecer um ambiente ideal para o desenvolvimento de jogos, tornando-se uma das mais populares ferramentas para esse fim atualmente. Originalmente desenvolvida por Shawn Hargreaves, ela se tornou um projeto colaborativo, com colaboradores de todo o mundo.

Ela possui suporte nativo para rotinas de que utilizam gráficos 2D, embora seja possível utilizá-la em conjuntos com outras API's, como OpenGL e DirectX,

para desenvolvimento de aplicações que utilizem gráficos 3D. Apesar de não ser suficiente para o completo desenvolvimento de um jogo, existem pequenas bibliotecas adicionais (add-ons), feitas para serem acopladas à Allegro, permitindo assim a sua extensão. Através desses add-ons é possível, por exemplo, obter suporte a arquivos MP3, GIF, imagens JPG e vídeos AVI. Isso é útil para que o usuário não tenha que colocar uma porção de funções que não usa na hora de distribuir seu jogo, incluindo somente as partes que for utilizar, diminuindo consideravelmente o tamanho do mesmo.

Atualmente a biblioteca se encontra na sua quinta versão. Allegro 5 foi completamente reescrita e não apresenta compatibilidade com as suas versões anteriores. Foi feito um esforço para tornar a API mais consistente e segura, o que trouxe melhorias funcionais e uma grande mudança na sua arquitetura, sendo agora orientada a eventos e possuindo suporte nativo a aceleração por hardware. Possui suporte a eventos gerados por dispositivos de entradas como teclado, *mouse* e *joystick* além de funções para desenho de primitivas gráficas, leitura e gravação de seu próprio tipo de arquivo de configuração (muito útil para armazenar configurações e dados de jogos) e é totalmente modular.

A Allegro 5.0 suporta as seguintes plataformas:

- Windows (MSVC, MinGW);
- Unix/Linux;
- MacOS X;
- iPhone;
- Android (Suporte provido pela Allegro 5.1, que ainda se encontra instável).

A API atualmente se encontra nas versões 5.0.10 (estável) e 5.1.2 (instável). A *SAGA Game Library* foi desenvolvida usando como base a versão 5.0.10, por a mesma ser estável.



## Principais Recursos e Funções

A seguir, encontramos um conjunto dos principais recursos da Allegro 5, começando com as funções mais gerais da biblioteca.

- **al\_init()**: Inicializa a biblioteca Allegro, dando valores a algumas variáveis globais e reservando memória. Deve ser a primeira função a ser chamada.
- **al\_exit()**: Encerra a Allegro. Isto inclui retornar ao modo texto e remover qualquer rotina que tenha sido instalada. Não há necessidade de chamar essa função explicitamente, pois, normalmente, isto é feito quando o programa termina.

As rotinas de vídeo:

- **ALLEGRO\_DISPLAY**: Tipo que representa a janela principal. A biblioteca permite que se trabalhe com múltiplas janelas.
- **al\_create\_display(width, height)**: Cria uma instância da janela, retornando um ponteiro para **ALLEGRO\_DISPLAY**. Os parâmetros indicam as dimensões em pixels.
- **al\_flip\_display()**: Função para atualizar a tela.
- **al\_destroy\_display(var)**: Finaliza a instância *var* do tipo **ALLEGRO\_DISPLAY** × .

As rotinas para manipulação de arquivos de imagem:

- **ALLEGRO\_BITMAP**: Tipo que representa o arquivo de imagem carregado pela Allegro.
- **al\_init\_image\_addon()**: Inicializa o add-on da Allegro 5 para utilização de imagens.

- **al\_load\_bitmap("example.jpg")**: Carrega a imagem indicando no parâmetro o nome e tipo. Ela deve estar previamente salva na pasta do programa. Recebe o caminho relativo ou absoluto da imagem a ser carregada, retornando um ponteiro para o tipo `ALLEGRO_BITMAP`.
- **al\_draw\_bitmap(bitmap, x, y, mirror)**: Função para desenhar a imagem na tela. Os parâmetros são o bitmap a ser desenhado, as posições `x` e `y` e as flags de espelhamento (0, `ALLEGRO_FLIP_HORIZONTAL`, `ALLEGRO_FLIP_VERTICAL`).

As rotinas de áudio:

- **ALLEGRO\_SAMPLE**: Tipo que representa arquivos pequenos, geralmente efeitos sonoros.
- **ALLEGRO\_AUDIO\_STREAM**: Tipo para representar arquivos grandes, de forma que o arquivo não é carregado de uma vez para a memória. Geralmente representa os arquivos que irão compor uma trilha sonora.
- **al\_install\_audio()** e **al\_init\_acodec\_addon()**: A primeira inicializa as funções relativas ao áudio. A segunda inicializa os codecs necessários para carregar os diversos formatos de arquivo suportados. Fornece suporte a alguns formatos, como Ogg, Flac e Wave.
- **al\_set\_audio\_stream\_playing(musica, true)**: Função que recebe o arquivo de áudio já carregado no primeiro parâmetro e um tipo booleano no segundo (`true` para fazê-la tocar ou `false`, em caso contrário).
- **al\_destroy\_audio\_stream(musica)** e **al\_destroy\_sample(sample)**: Funções de desalocação dos arquivos de áudio carregados pela Allegro.

A Allegro ainda possui muitos recursos que não foram citados devido a sua quantidade. Posteriormente, a API será explorada mais a fundo conforme os recursos da *SAGA Game Library* forem sendo mostrados.

### 2.2.3 Suporte ao Tiled

O Tiled faz a edição de várias camadas de *tiles* e salva tudo em um formato padronizado de extensão “.tmx”. Uma das principais vantagens do formato TMX é sua organização, detalhamento e praticidade, sendo que seu conteúdo pode ser lido através do uso de um *parser* para arquivos XML.

Existem inúmeros *parsers* de arquivos XML, cada um com suas vantagens e desvantagens. Entre os *parser* mais populares podemos citar a RapidXML e a TinyXML. Segundos comparação do próprio desenvolvedor, a RapidXML apresenta a maior velocidade da leitura de dados entre os *parsers* as mais populares mas o escolhido foi a TinyXML, por sua simplicidade de uso e velocidade que não apresenta uma diferença significativa a sua concorrente RapiXML.

#### A biblioteca TinyXML

É uma biblioteca escrita em C++ que analisa uma sequência de entrada no formato XML permitindo o acesso aos dados contidos nesse último. Em outras palavras, ela realiza o *parser* de uma arquivo .xml e armazena a informação em objetos C++ que podem ser manipulados livremente.

A TinyXML [RODRIGUES 2010] pode ser facilmente integrada em outros programas, bastando apenas adicionar seus arquivos ao projeto. Com ela é possível realizar o acesso aos dados direta ou iterativamente, alteração da estrutura através de inserção e remoção de elementos, remoção de espaços duplicados e a gravação para ficheiros em formato XML. TinyXML é uma estrutura extremamente compacta e robusta, elaborada para um rápido e fácil aprendizado. Pode ser usada para fins de código aberto ou comerciais. Ela é compatível com UTF-8, de modo a permitir que arquivos XML sejam manipulados em qualquer linguagem. Também apresenta grande simplicidade em seu uso e rapidez na leitura de dados.

## Tiled: Codificação e compactação de dados

Um dos recursos mais interessantes do Tiled é a possibilidade de exportar os dados contidos no arquivo .tmx de forma compactada e codificação. A principal vantagem do uso dos algoritmos compactação e codificação é a redução do tamanho em disco do arquivo .tmx resultante e aumento da velocidade de carregamento do cenário, uma vez que a biblioteca carrega os dados codificados e/ou compactados e os decodifica/descompacta a nível de software ao invés de realizar a leitura dos mesmo em disco.

A compactação de dados fornecida pelo Tiled é realizada pelas bibliotecas ZLIB<sup>1</sup> e GZIP<sup>2</sup>, enquanto a codificação é realizada pelo algoritmo Base64 fornecido por<sup>3</sup>, também fornecido por uma biblioteca externa. São fornecidas as opções de exportar os dados no arquivo .tmx na forma codificada e compactada ou apenas na forma codificada. Também são oferecidas as opções de exportar os dados em formato puro (sem codificação) XML ou no formato CVS.

A seguir podemos verificar a redução do tamanho em disco de um arquivo .tmx em relação ao seu tamanho em disco sem codificação/compactação.

- Arquivo XML puro( sem codificação/compactação): 31,3 KB;
- Com codificação Base64: 9,6 KB;
- Com codificação Base64 e compressão GZIP: 2,2 KB;
- Com codificação Base64 e compressão ZLIB: 2,1 KB;
- No formato CVS: 4,9 KB.

A *SAGA Game Library* prove suporte total e otimizado as 5 opções de exportação acima. Ela, assim com o Tiled, também faz uso das bibliotecas GZIP e ZLIB para

---

<sup>1</sup>ZLIB: <http://www.zlib.net/>

<sup>2</sup>GZIP: <http://www.gnu.org/software/gzip/gzip.html>

<sup>3</sup>Algoritmo Base64: <http://www.adp-gmbh.ch/cpp/common/base64.html>

descompactação e também realiza a decodificação dos dados em Base64 contidos no arquivo .tmx (detalhes de uso serão abordados posteriormente).

## 2.3 Implementação da biblioteca

A *SAGA Game Library* é uma *engine* orientada a objeto desenvolvida em C++ sobre a API Allegro 5. Ela possui todos os recursos que uma *engine* básica possui, como suporte a criação de *sprites* animados e estáticos, criação de cenários usando o editor de níveis Tiled, suporte ao uso de fontes de texto TTF e a diversos formatos de arquivos de áudio. Também possui gerenciamento de automático de recursos (imagem, fontes e áudio), o que possibilita economia significativa de memória. A biblioteca fornece uma estrutura para implementação do *game loop* e suporte para eventos de teclado, *mouse* e *joystick* também estão presentes.

Após a fase de projeto, deu-se sequência a fase de estudo do problema. Esta fase resumiu-se simplesmente no estudo do problema a fim de torná-lo orientado a objetos. Internamente, a *SAGA Game Library* consiste em um *package* denominado *sgl* e subdivididas em 4 outros *packages* com funções específicas: *image*, *font*, *audio* e *input*.

- *image*: consiste nas classe exclusivamente relacionadas a parte gráfica da *engine*, o que inclui manipulação de arquivos de imagens como *sprites* animados e estáticos e carregamento e renderização de cenários do jogo;
- *font*: é o responsável pela parte textual da biblioteca. Ele carrega uma fonte no formato TTF (“True Type Font”) padrão do Windows e a utiliza para escrever textos na tela de jogo;
- *audio*: *package* destinado ao carregamento, manuseio e reprodução dos arquivos de áudio;
- *input*: inclui todas as funções relacionadas aos comandos recebidos pelos dispositivos de entradas do computador (teclado, *mouse* e *joystick*).

Abaixo podemos visualizar o esquema da organização da *engine*. A seguir, serão abordados os principais recursos da biblioteca bem como os detalhes da suas respectivas implementações.

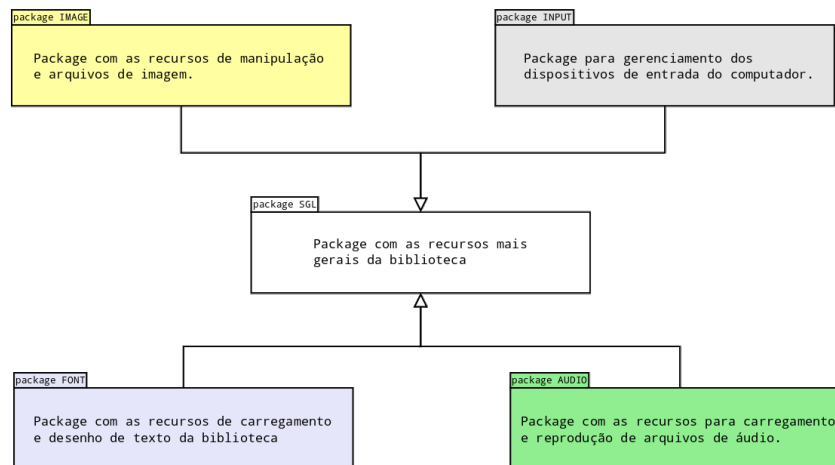


Figura 2.2: Esquema estrutural da SGL.

### 2.3.1 SGL

É o pacote mais geral, e que engloba todos os outros. Quando a funcionalidade de uma classe não é específica ou é usada como ferramenta auxiliar em outras classes, ela é colocada nesse pacote.

#### AllegroStarter

Cada um dos módulos da Allegro deve ser inicializado antes de seu uso. A Classe AllegroStarter é responsável e também por desalocar os recursos quando o programa é fechado. Uma exceção é lançada caso algum dispositivo apresente problemas durante a inicialização. Também contém informações sobre a atual versão da Allegro.

## SGLErrorException

É a classe que captura e trata as exceções que possam ocorrer durante a execução do programa, como inicialização dos componentes da allegro e carregamento de arquivos de imagem, fonte e áudio. A classe é uma especialização de `std::exception`. Abaixo temos um exemplo de uso desta classe.

```

1
2 if( !al_init() ) {
3     throw sgl::Exception( "Failed to initialize ALLEGRO_Lib." );
4 }
```

Caso ocorra algum erro de inicialização da Allegro, a função `al_init()` retornará *false*, fazendo com que o programa execute o conteúdo do *if* e lance a exceção. No console, teremos a mensagem: “*terminate called after throwing an instance of ‘sgl::Exception’ what(): Failed to initialize ALLEGRO\_Lib.*”.

## Color

A classe `Color` possui recursos para trabalharmos com diversos formatos de especificação de cores, como RGB e HTML. Os objetos dessa classe podem ser usadas, por exemplo, para colorir a tela ou alterar a cor de uma determinada fonte de texto. Ela aceita dois construtores. Com o primeiro deles é possível definir cores no formato RGB. Para isso, o construtor recebe três parâmetros que variam de 0 a 255, um para vermelho, outro para verde e outro para azul, respectivamente. O segundo construtor aceita strings no formato html ou o nome em inglês de uma cor, desde que ele já esteja pré-definido. Alguns dos nomes válidos são: *cyan*, *lightgreen*, *green* entre outros. Caso o nome de uma cor inexistente seja passado como parâmetro, o construtor cria um objeto com as coordenadas RGB iguais a 0 (cor preta). A seguir temos alguns exemplos de uso da classe `Color`.

```

1 // Definicao das cores vermelho e azul escuro usando o primeiro
   construtor.
```

```

2
3     Color vermelho(255,0,0);
4     Color azulEscuro(0,0,139);
5
6     // Definicao das cores rosa passando um nome pre-definido e das
       cores verde escuro e coral no formato html.
7     // Note que o simbolo # e opcional.
8
9     Color rosa("pink");
10    Color verdeEsc("#006400");
11    Color coral("FF7F50");
12
13    // Convertendo formatos.
14
15    std::string cor;
16    cor = vermelho.getName(); // cor = red
17    cor = azulEsc.toHTML(); // cor = #00008b

```

## Video

Classe responsável por gerenciar todos os recursos de vídeo da *engine*. Através dela, tem-se acesso a todas as rotinas pertinentes (de atualização de tela, posicionamento, e outros eventos) para o gerenciamento de vídeo. A classe também possibilita a escolha por parte do usuário de criar um *display* no formato de janela ou em *fullscreen*, e também permite a escolha de uma API para renderização 3D, como OpenGL (Linux e Windows) e DirectX (Windows).

Quando criarmos um objeto da classe Video, devemos definir as dimensões do *display*, passando como parâmetro a largura e altura desejadas e o modo (WINDOWED, FULLSCREEN) no construtor da classe. Por padrão, a cor de fundo do vídeo é preta, podendo ser alterada. Também existe a possibilidade de adicio-



nar um ícone e um título para nossa janela. A função *refresh()* é responsável por transferir o conteúdo da memória de vídeo para o *display* e deve ser chamada sempre que seja necessário atualizar o *display*, caso contrário, nenhum das ações realizadas pelas rotinas de desenho serão visualizadas.

A principal dificuldade na implementação da classe foi aprender como a Allegro fazia uso da memória de vídeo e dos conceitos envolvidos como taxa de atualização do *display*, uso do *vsync* e de como poderíamos tirar o máximo proveito disso. O principal fator foi quanto ao desempenho da renderização da tela. Isso foi resolvido ajustando a Allegro para que a mesma armazenasse todas as imagens a serem desenhadas na memória de vídeo ao invés da memória RAM. Essa configuração apresentou resultados significativos no uso do processador. Enquanto as imagens armazenadas na RAM utilizavam 25% da CPU, as mesmas imagens armazenadas na memória de vídeo não consumiam mais de 2% do processador durante o processo de desenho no *display*.

A seguir temos a classe Video em detalhes.

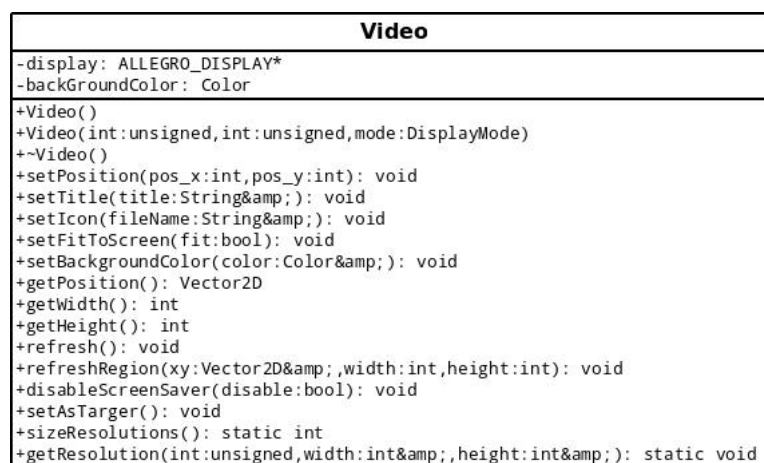


Figura 2.3: UML da classe Video.

e um exemplo de uso da mesma.

```
2 // Criamos uma instancia de video
3 Video video( 300, 100, DisplayMode::WINDOWED );
4
5 // Definimos o icone da janela do display
6 video.setIcon("nice.jpg");
7
8 // Mudanca da cor de fundo da tela.
9 video.setBackgroundColor( Color("aqua") );
10
11 // Definindo um titulo para a janela.
12 video.setTitle( "Saga Game Library" );
13
14 // Atualizando o display.
15 video.refresh();
```



Figura 2.4: Display criado com o uso da classe Video.

## Vector2D

A classe `Vector2D` é uma das classe mais importantes da *SAGA Game Library*. A classe `Vector2D` tal qual o nome diz, define um vetor bidimensional, iniciando-se no ponto  $(0,0)$  da tela e indo até o ponto  $(x,y)$  definido pelo usuário, sendo responsável pelo posicionamento de qualquer entidade, seja ela um *sprite* ou um texto, no *display*. A escolha do uso de vetores ao invés de simples coordenadas deve-se a vantagens que o uso de vetores oferece. Muitas operações matemáticas como deslocamento, rotações e escalonamentos são feitas utilizando vetores. Até mesmo efeitos de física, como gravidade e aceleração são executados usando como base os conceitos de mecânica clássica. A vantagem do vetor sobre um par de coordenadas  $(x,y)$  deve-se a quantidade de informação que o primeiro carrega. Enquanto um ponto representa apenas uma localização no espaço, um vetor possui uma direção, sentido e magnitude.

Assim como ocorre na geometria, os vetores também possibilitam diversas operações algébricas entre eles, através da sobrecarga de operadores. Soma e subtração de vetores, normalização são algumas das operações possíveis e que podem ser usadas para se obter interessantes resultados, como uma simulação de gravidade ilustrada na figura abaixo, onde temos um vetor representando o deslocamento do personagem e outro representando a força gravitacional.

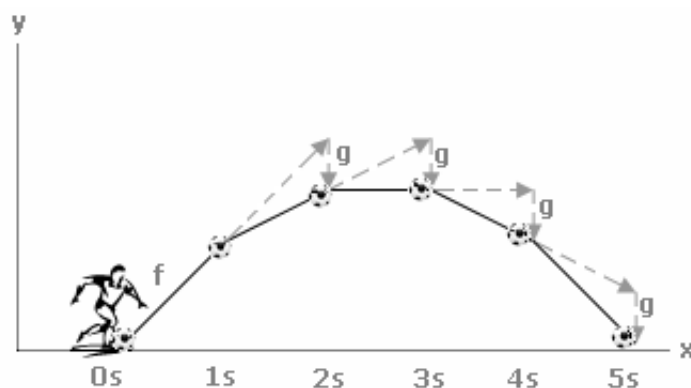


Figura 2.5: Uso de vetores na simulação de gravidade. Fonte: [GODOY 2008]

A seguir temos um exemplo com algumas das operações de Vector2D.

```
1 // Produto escalar entre a e b.
2
3 Vector2D a(3,5);
4 Vector2D b(3,9);
5
6 float escalar = a.dotProduct(b); // escalar = 54
7
8 // Normalizacao de c.
9 Vector2D c(4,3);
10 c = c.normalize(); // c = ( 0.8, 0.6 )
11
12 // Soma entre vetores, com o operador + sobrecarregado.
13 c = a + b; // saida = ( 6,14 )
```

## BoundingBox

Esta classe cria um retângulo usando dois objetos Vector2D. Ela possui rotinas para alterar a posição do retângulo e movê-lo e também verifica se há colisão com outro retângulo. É utilizada na biblioteca como um mecanismo para detectar se ocorreu colisão entre duas entidades, como por exemplo, um personagem e um objeto do cenário, como uma parede. Se ocorreu a colisão, o método responsável pela verificação retorna *true*, caso contrário ele retorna *false*. Vale ressaltar que a classe é responsável apenas por verificar se ocorreu ou não colisão, sendo de responsabilidade de quem está desenvolvendo realizar o tratamento adequado dessa colisão.

## Geometrics

Classe usada para desenhar elementos primitivas geométricas. Possui como atributos um inteiro para armazenar a espessura da linha e duas variáveis da classe `Color`, uma para cor da linha e outra para cor de preenchimento. O construtor padrão inicializa a espessura com 1, a cor de preenchimento como branca e cor da linha como preta. Outro construtor dá ao usuário a liberdade de definir os valores como queira. Com ela é possível desenhar linhas, triângulos, retângulos, retângulos com cantos arredondados, elipses, círculos e arcos.

Exemplos:

Declaração de vetores que serão usados:

```
1 Vector2D a(200,150);
2 Vector2D b(280,150);
3 Vector2D c(350,150);
4 Vector2D d(200,100);
```

No construtor da classe, dizemos que a espessura da linha é 5 e que sua cor é verde. O terceiro parâmetro diz respeito à cor de preenchimento da forma geométrica a ser desenhada.

```
1 Geometrics geo(5, Color("green"), Color("purple"));
```

Em `drawCircle()`, o primeiro parâmetro deve ser a posição do círculo. O segundo é o raio e o terceiro é do tipo booleano. Se for `true`, o objeto será preenchido com a cor definida no construtor. Se for `false`, a forma não terá preenchimento algum. Note que parte do círculo não aparece porque está atrás do triângulo. Se o triângulo não tivesse cor de preenchimento, essa parte iria aparecer.

```
1 geo.drawCircle(a, 100, false);
2 geo.drawTriangle(b, c, d, true);
```

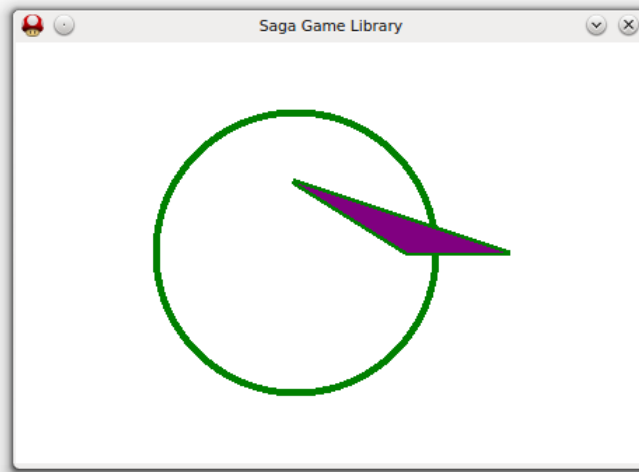


Figura 2.6: Exemplo de uso da classe Geometrics.

## TimeHandler

Classe que possui rotinas relacionadas a contagem de tempo. A contagem de tempo é algo muito importante na desenvolvimento de *games*, pois ela pode ser usadas para controlar a contagem de atualizações por segundo do *display* ou até mesmo executar ações no jogo que são dependentes do tempo. Através da TimeHandler podemos iniciar, parar, pausar e retornar a uma contagem de tempo. O trecho a seguir faz a contagem de tempo necessária para o computador percorrer a extensão de um tipo unsigned int em arquitetura 32 bits.

```
1 TimeHandler time;  
2 time.start();  
3 for (unsigned int i = 0; i<4294967295; i++){  
4     time.pause();  
5     float t = time.getTicks();
```

A execução do código acima nos devolve a seguinte saída (em segundos):

1     t = 17.0142

## Resource e ResourceManager

A classe `Resource` representa um recurso (áudio, imagem ou fonte) a ser utilizada no jogo e é uma classe abstrata que serve de base para as classes `ImageResource`, usada para o carregamento de imagens, `FontResource` utilizada no carregamento de fontes *True Type*, `AudioStreamResource` e `AudioSampleResource`, que representam *samples* e *streams* de áudio. Quando um arquivo é carregado, seja ele fonte *True Type*, imagem ou áudio, o mesmo é armazenado em sua respectiva classe filha de `Resource`. Deste modo conseguimos separar de maneira bem clara cada tipo de recurso, sendo que cada classe filha possui métodos para alocação e desalocação desse recursos pela Allegro além de métodos próprios para se trabalhar com o seu tipo de recurso.

Arquivos como imagens e áudio, podem ocupar tamanho razoável na memória (RAM e ROM) e apresentar um custo computacional considerável quando são carregados. Um jogo eletrônico é um tipo de *software* que sempre busca o máximo em economia de memória e desempenho, isso faz com que o carregamento de uma mesmo recurso várias vezes não seja uma opção. A classe `ResourceManager` foi criada para corrigir este inconveniente.

A `ResourceManager` é a classe responsável por executar este gerenciamento de recursos. Ela possui como principal atributo um objeto da classe *map* da biblioteca STL, chamado *resourceMap* que usa como chave para armazenamento, os *path* dos recursos carregados. Esta estrutura permite o gerenciamento dos recursos de forma otimizada, fazendo que com haja economia de memória e processamento. É muito mais rápido para o programa apenas reproduzir um recurso já carregado do que ter de carregá-lo novamente. É muito importante ter esse tipo de gerenciamento, especialmente para jogos onde podemos ter imagens que porque no geral tem-se uma imagem que se repete uma grande quantidade de vezes. O algoritmo usado

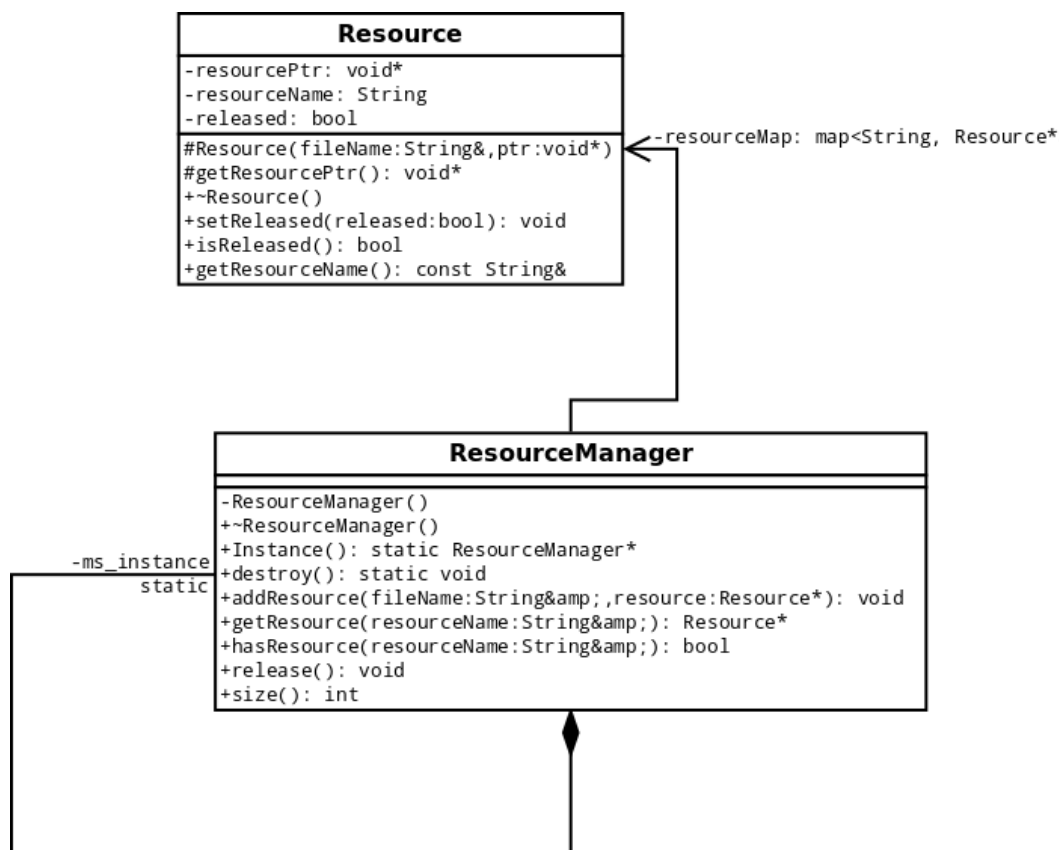


Figura 2.7: UML detalhando as classes Resource e ResourceManager.

pelas classe que fazem uso do ResourceManager é o seguinte: procuramos pelo objeto (pertencente a uma das classes filhas de Resource) utilizando o nome do seu arquivo, no mapa de Resources na ResourceManager. Se encontrarmos o objeto procurado, a ResourceManager retorna um ponteiro desse objeto, caso contrário criamos esse novo Resource e o inserimos no mapa de Resources. Abaixo podemos verificar o uso desse algoritmo no método que faz o carregamento das imagens na biblioteca. O padrão *Singleton* foi utilizado devido a classe exercer uma papel de gerenciamento, ou seja, ter mais de uma classe gerenciando os recursos criados apenas tornaria mais custosa a utilização da mesma, uma vez que teríamos de procurar do resourceMap de cada ResourceManager pelo objeto Resource desejado.



```

2 ImageResource* ImageResource::loadImageResource( const String&
   fileName ) {
3
4     // Iniciamos a string com a msg de carregamento
5     String str( "File " + fileName );
6     // Pegamos uma instancia do mapa
7     ResourceManager* rscMap = ResourceManager::Instance();
8     // Verificamos se o recurso ja foi carregado
9     ImageResource* rsc = static_cast<ImageResource*> ( rscMap->
        getResource( fileName ) ) ;
10
11     // Se for NULL devemos alocar um novo ImageResource e inserir no
        mapa
12     if( !rsc ) {
13
14         // Carregamos o bitmap
15         ALLEGRO_BITMAP* bitmap = al_load_bitmap( fileName.c_str() );
16
17         if( !bitmap ) {
18             throw sgl::Exception( "ERROR: Error to load ImageResource: " +
                fileName );
19             return nullptr;
20         }
21
22         // Criamos um novo recurso
23         rsc = new ImageResource( fileName, bitmap );
24         // Adicionamos o resource ao mapa
25         rscMap->addResource( fileName, rsc );
26         str += " loaded successfully!";
27     }

```

```

28     else {
29         str += " already exists!";
30     }
31
32     // Imprimimos o resultado da criação da imagem
33     std::cout << str << std::endl;
34     return rsc;
35 }

```

Nesses casos a diferença entre ter ou não ter esse gerenciamento de recursos é grande e pode influenciar na performance do jogo, como podemos ver no exemplo a seguir.

De modo a verificar as vantagens do uso da ResourceManager, executamos o seguinte código e realizamos algumas medições:

```

1
2     // Vetor contendo a imagem para o nosso jogo
3     ALLEGRO_BITMAP* v_imagens[5000];
4
5     // Carregamos cada uma das ALLEGRO_BITMAP
6     for( int i=0; i < 5000; i++ )
7     {
8         v_imagens[i] = al_load_bitmap("sprite.png");
9     }

```

O código acima faz a Allegro carregar um conjunto de 5000 ALLEGRO\_BITMAPs, todas com a mesma imagem. Isso consumiu cerca de 483,08 KB de memória e exigiu 25% do processador, levando 4,136 segundos para realizar carregamento das imagens. A seguir executamos o código abaixo:

```

1
2     // Vetor contendo a imagem para o nosso jogo

```

```

3  ImageResource* v_imagens[5000];
4
5  // Carregamos cada uma das ImageResource
6  for( int i=0; i < 5000; i++ )
7  {
8      v_imagens[i] = ImageResource::loadImageResource("sprite.png");
9  }

```

O código acima executa o mesmo algoritmo de antes, porem nós alocamos 5000 objetos do tipo ImageResource (carregando o mesmo arquivo de imagem). A classe ImageResource é a classe filha de Resource responsável pelo carregamento e desalocação dos arquivos de imagens que são usados. Após a execução do algoritmo, constatamos que a memória ocupada foi aproximadamente 1,912 KB (0,39% da memória alocada anteriormente) e que a rotina consumiu apenas 2% de processamento, levando aproximadamente 0,0264 segundos (0,638% do tempo anterior) para realizar o carregamento. Com esse teste, fica claro as vantagens de uso da *SAGA Game Library* ao invés de utilizar a ALLEGRO de maneira isolada.

A maior dificuldade encontrada na implementação da ResourceManager foi implementar a desalocação dos Resources criados. Inicialmente implementamos um contador de referências, onde quando um objeto Resource não fosse mais utilizado por nenhum outro objeto, ele seria removido do mapa de Resources. Essa abordagem mostrou-se pouco produtiva e confusa em sua implementação, por isso decidimos simplificá-la e deixar a responsabilidade de desalocar os Resource com a classe ResourceManager ao final da execução do programa. O usuário pode remover diretamente o Resource do mapa de Resources da classe ResourceManager, mas caso ele não o faça, a própria classe se encarrega de desalocar a memória utilizada nos Resource que ela possui.

### 2.3.2 SGL Input

Pacote responsável que possui as classes responsáveis pelo gerenciamento as entradas de *mouse* e teclado. Esse pacote é constituído por duas classes: *KeyboardManager* e *MouseManager*. Ambas as classes seguem o padrão *Singleton*, pois a Allegro não fornece suporte a mais de um teclado ou *mouse*.

#### KeyboardManager

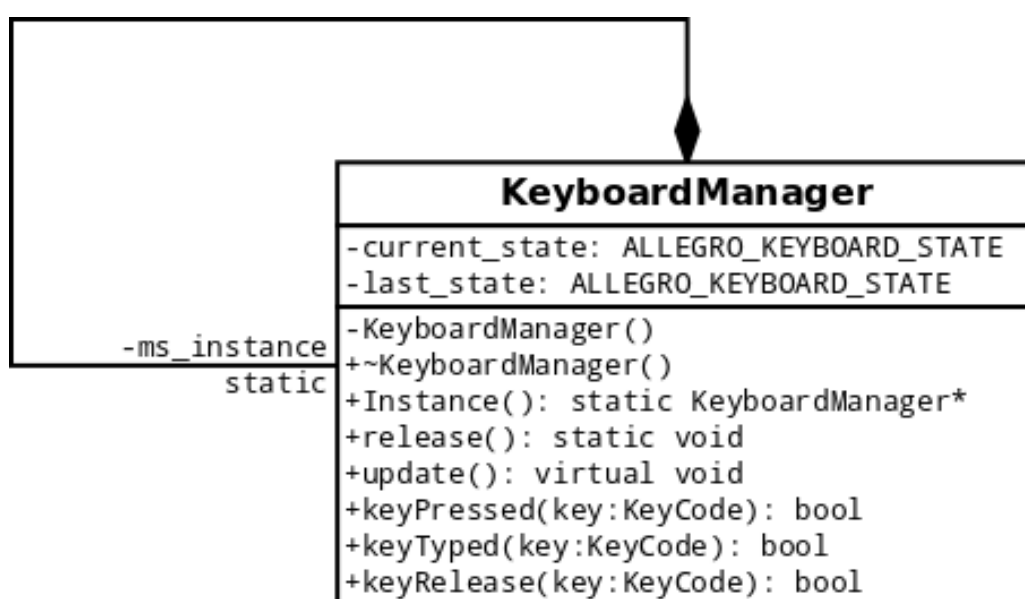


Figura 2.8: UML detalhando a classe *KeyboardManager*.

Realiza o gerenciamento do teclado. Possui duas variáveis do tipo `ALLEGRO_KEYBOARD_STATE`. Uma é para guardar o último estado e outra para guardar o estado atual do teclado, de modo a conseguir verificar se determinada tecla foi pressionada, está sendo pressionada ou foi solta. Como o tipo `ALLEGRO_KEYBOARD_STATE` sugere, uma variável desse tipo armazena o estado (pressionada ou solta) de todas as teclas do teclado no momento em que o método `update()` é chamado. Há outros três métodos que verificam se determinada tecla foi pressionada, continua pressionada ou se foi solta. Os métodos recebem como

parâmetro o *keycode* da tecla e retornam um tipo booleano. Abaixo temos um exemplo de uso da classe `KeyboardManager`.

```
1
2  // Inicializamos os dispositivos de entrada
3  KeyboardManager* keyboard = KeyboardManager::Instance();
4
5  // Atualiza o estado das teclas
6  keyboard->update();
7
8  // Verifica se a seta direita esta pressionada
9  if( keyboard->keyPressed( ALLEGRO_KEY_RIGHT ) ) {}
10
11 // Verifica se a tecla ESC foi solta
12 if( keyboard->keyRelease( ALLEGRO_KEY_ESCAPE ) ) {}
13
14 // Verifica se a tecla SPACE foi pressionada
15 if( keyboard->keyTyped( ALLEGRO_KEY_SPACE ) ) {}
```

## MouseManager

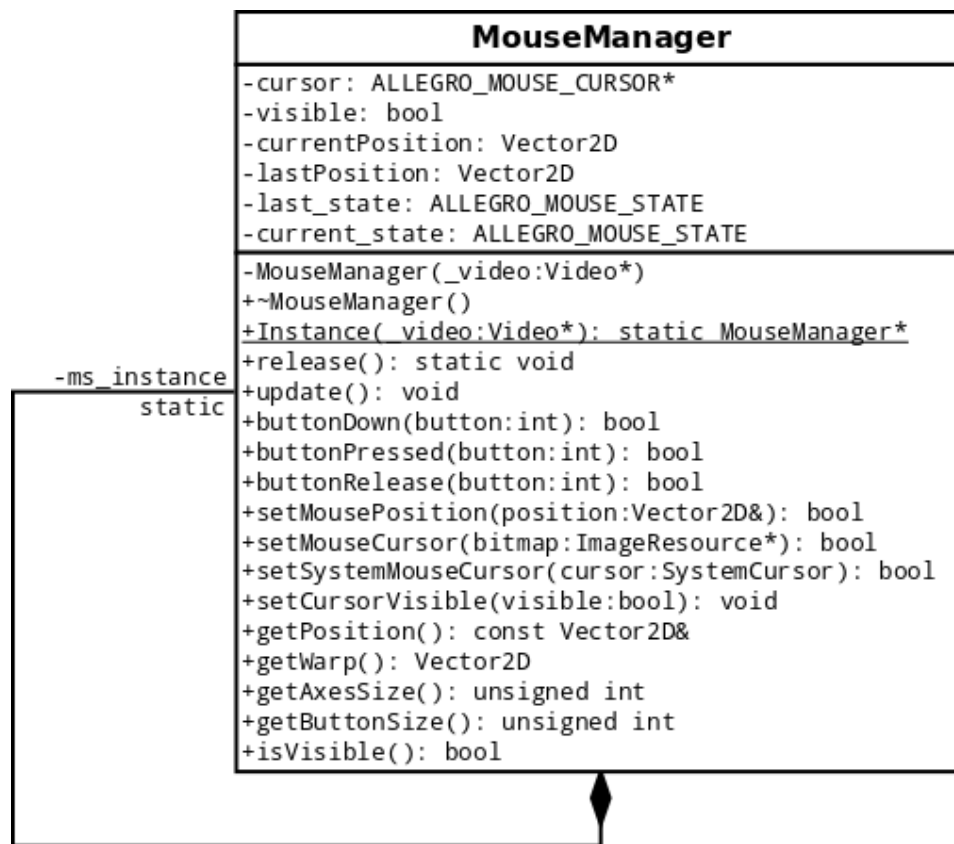


Figura 2.9: UML detalhando a classe MouseManager.

Realiza o gerenciamento dos eventos gerados pelo *mouse*. A classe trabalha usando lógica semelhante a KeyboardManager, só que aplicada ao mouse. Possibilita também deixar ou não visível o cursor do mouse na aplicação e alterar o estilo do cursor.

### 2.3.3 SGL Font

É o pacote responsável pela parte textual da biblioteca. Ele carrega uma fonte no formato TTF (“True Type Font”) padrão do Windows e a utiliza para escrever

um texto na tela.

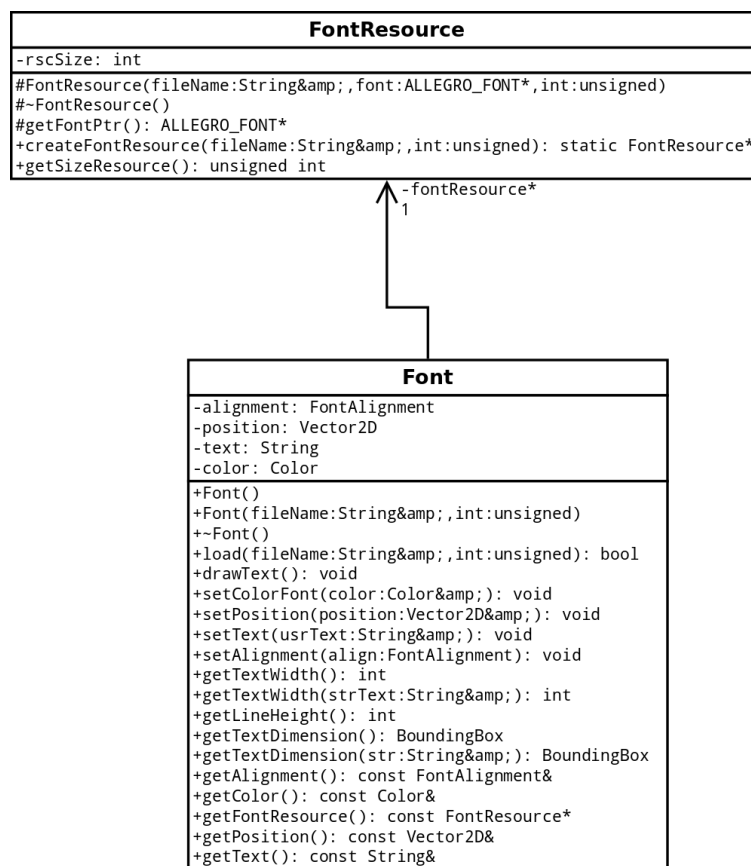


Figura 2.10: UML das classes FontResource e Font.

## FontResource

Especialização de Resource. Ela é usada dentro do método *load()* da classe Font e funciona da seguinte maneira: recebe um quivo TTF e um tamanho da fonte desejada e em seguida esse arquivo é adicionado em uma instância da classe ResourceManager, caso ainda não tenha sido alocado. É possível existir dois arquivos de fonte iguais mas com tamanhos diferentes em ResourceManager, isso possibilita que utilizemos fontes iguais, mas com tamanho diferentes, uma medida que teve de ser usada uma vez que a Allegro não permite que alteremos o tamanho da fonte posteriormente.

## Font

Possui métodos para escrever na tela e mudar as configurações do texto, tais como cor, alinhamento e posição. O pacote utiliza também as funcionalidades das classes Vector2D, Color e BoundingBox. Com os métodos *gets* temos informações sobre as configurações atuais do objeto.

A seguir temos alguns exemplos de uso da classe. Para instanciar um objeto da classe Font utilizamos seu construtor, cujo primeiro parâmetro é o *path* que o arquivo TTF está. A barra '/' indica hierarquia de diretórios a partir da pasta de projeto. Ou seja, dentro da pasta de projeto existe uma pasta chamada Resource e o arquivo alger.ttf se encontra nela. O segundo parâmetro é o tamanho da fonte.

```
1 // Criamos uma font
2 Font alger("Resource/alger.ttf", 30);
```

Alterando cor, alinhamento e posição. O tipo do alinhamento pode ser RIGHT, LEFT, CENTRE ou INTEGER.

```
1 // Definimos a cor da fonte
2 alger.setColorFont(Color ("lightskyblue"));
3 // Definimos seu alinhamento
4 alger.setAlignment(FontAlignment::CENTRE);
5 // Definimos sua posicao
6 alger.setPosition(Vector2D(200, 100));
```

Definimos o texto que será exibido na tela e o escrevemos no *display*:

```
1 // Definimos o texto a ser escrito no display
2 alger.setText("Fonte: Alger");
3 // Desenhamos o texto
4 alger.drawText();
5 // Definimos um novo texto para ser escrito
6 alger.setText("Tamanho: 30");
```



```

7  // Ajustamos a posicao do segundo texto
8  alger.setPosition(Vector2D(200, 140));
9  // Desenhamos o segundo texto na display
10 alger.drawText();
11 // Atualizamos o display
12 video.refresh();

```

Após a execução do código acima, temos o seguinte texto no *display*.

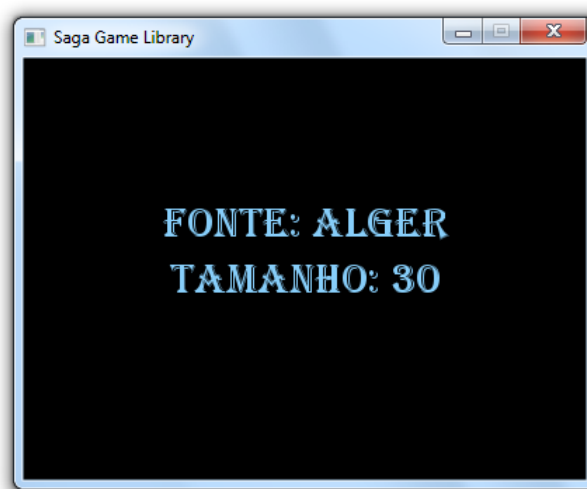


Figura 2.11: Exemplo de uso classe Font.

### 2.3.4 SGL Áudio

É o pacote que realiza as funcionalidades referentes à parte sonora. É estruturado da seguinte maneira: de um lado a classe `AudioResource`, especialização de `Resource`, e da qual derivam `AudioStreamResource` e `AudioSampleResource`. Do outro lado, temos a classe abstrata `Audio`, e da qual derivam `AudioStream` e `AudioSample`. As duas últimas relacionam-se com as respectivas especializações de `AudioResource`. Tal estrutura nos possibilita criar um objeto de `AudioSample` quando desejamos manipular um efeito sonoro, como um soco ou o barulho de

uma explosão, ou um objeto de `AudioStream` quando precisamos usar uma trilha sonora.

`AudioSample` e `AudioStream` possuem em comum métodos para carregar, tocar, alterar ganho, balanço, velocidade e modo de repetição. Além desses, cada classe possui outros métodos com funções específicas. Entre os vários formatos de arquivos de áudio suportados, os mais usados são `.wav` e `.ogg`. Infelizmente não existe suporte ao formato `mp3`, por o mesmo se tratar de um formato de áudio proprietário (e também pouco usado em jogos).

Exemplos:

Cria-se um objeto de `AudioSample`, indicando o caminho onde o arquivo de áudio encontra-se.

```
1 // Criamos um sample
2 AudioSample sample("Resource/audio/palmas.wav");
```

Altera o ganho para 80% do valor original e a velocidade para 90% do valor original.

```
1 // Ajustamos o valor do ganho
2 sample.setGain(0.8);
3 // Ajustamos a velocidade de execucao do sample
4 sample.setSpeed(0.9);
```

Faz com que o arquivo continue tocando indefinidamente após chamar o método `play()`.

```
1 // Ajustamos para reproducao em loop
2 sample.setLoopingMode(AudioPlayMode::PLAY_LOOP);
```

Finalmente, colocamos o arquivo para ser reproduzido.

```
1 // Iniciamos a reproducao do sample
2 sample.play();
```

Carrega um arquivo para ser reproduzido como trilha sonora e recebe parâmetros para alterar o *buffer* (em *bytes*) e a taxa de amostragem.

```
1 // Carregamos um audiostream
2 AudioStream stream("Resource/audio/interface.ogg", 4, 1024);
```

Fazemos o arquivo tocar a partir dos 14 segundos.

```
1 // Definimos o tempo de inicio
2 stream.setBegin(14);
3 // Iniciamos a reproducao do audio stream
4 stream.play();
```

### 2.3.5 SGL Image

Trata-se de um dos principais pacotes da *SAGA Game Library*, contendo todas as classe referentes a manipulação de recursos de imagem. Apesar do pacote possuir um grande volume de classes, nos limitaremos as suas duas classes mais importantes: *AnimatedSprite* e *TMXTileMap*.

#### TMXTileMap

A grande maioria dos jogos eletrônicos 2D apresenta, além dos *sprites* dos personagens e itens, uma imagem representando o cenário do jogo. Dependendo da natureza do jogo, esses cenários podem possuir grandes dimensões, o que torna custoso em termos computacionais armazenar essa imagem em memória (RAM e em disco) e desenhá-la na no *display*. Entretanto, quando analisamos a imagem que representa o cenário, podemos verificar que o mesmo é formado por pequenas partes que se repetem com muita frequência. Assim, aproveitando dessa característica e com o objetivo de diminuir o consumo de memória e o desempenho na renderização e carregamento das imagens de resolução elevada, foi desenvolvida uma técnica conhecida como *TileMap* [NOVAK 2010]. A técnica consiste no uso de

uma imagem, chamada *tileset*, contendo pequenos pedaços de imagens, conhecidos como *tiles*, que são as imagens que se repetem em grande quantidade no cenário de jogo. Estes *tiles* são usados para criar uma imagem composta denominada *tiled layer*.

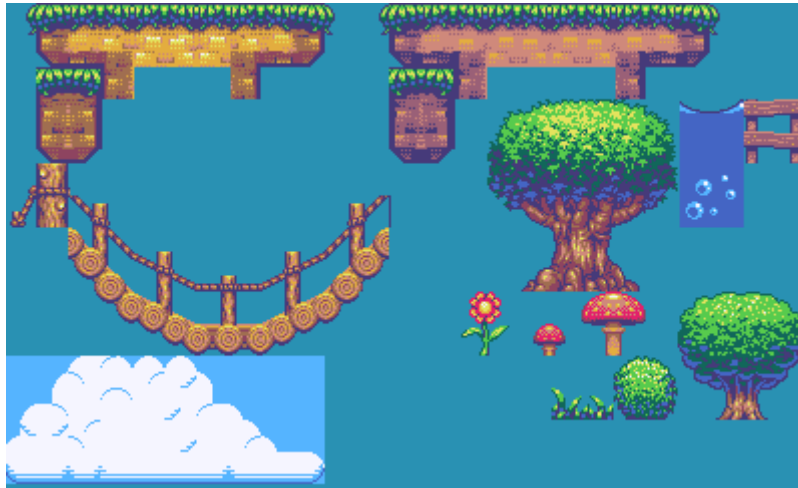


Figura 2.12: Exemplo de *tileset*. Fonte: OpenGameArt

O cenário final do jogo pode ser constituído de um único *tiled layer* ou ser resultante da combinação de dois ou mais *tiled layers*. Através da técnica de *Tilemap*, torna-se possível construir inúmeros cenários, com variadas dimensões, usando como base o mesmo *tilesets*, aumentando a economia de memória e não reduzindo o desempenho no carregamento de imagens.



Figura 2.13: Exemplo de um cenário construído com tileset.

A *SAGA Game Library* também faz uso da técnica para criação de cenários e *sprites* animados através do *Tiled*. O *Tiled* nos fornece um arquivo XML personalizado chamado TMX, contendo todos os dados relevantes para a construção do cenário do jogo e para ter acesso a esses dados torna-se necessário o uso de uma *parser* XML para realizar a leitura do arquivo XML. O *parser* escolhido foi a *TinyXML*, por sua baixa curva de aprendizado e velocidade de leitura. A seguir podemos visualizar um exemplo simples de um arquivo .tmx.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <map version="1.0" orientation="orthogonal" width="25" height="16"
   tilewidth="32" tileheight="32">
3   <tileset firstgid="1" name="030_collision" tilewidth="32"
      tileheight="32">
4     <image source="030_collision.png" width="64" height="32"/>
5   </tileset>
6   <layer name="nuvem" width="25" height="16">
```

```

7   <data encoding="base64" compression="zlib">
8       eJy7xMDAcBmIrzDgBheA+CIQXyJCLTZwD4jvA/
          EDPGruAPFdItVS6h5iACnuGQXEAWzxdpXKdmCLt4dkuo3aYDRNjYLhBgDMpiiN

9   </data>
10  </layer>
11 </map>

```

Como pode ser observado, no arquivo .tmx possui todos os detalhes de cada *tileset* usado na construção do cenário e os dados referentes a cada *layer* criado. Uma das dificuldades de implementação do suporte ao Tiled foi desenvolver as rotinas de leitura desses dados, de modo a torná-las rápidas e de fácil uso. O resultado desse trabalho foi o desenvolvimento de classes responsáveis pela leitura de cada elemento do arquivo, onde cada um desses dados foram armazenados em atributos para posteriormente serem usados pelo usuário. Assim foram implementadas as classe `TMXTileSet` e `TMXLayer` entre outras. Cada uma dessas classes é responsável por realizar o *parser* dos seus respectivos elementos e atributos (do arquivo .tmx). Por exemplo, a classe `TMXLayer` é responsável pela leitura dos elementos *layer* e de seus respectivos atributos, *name*, *width* e *height* e também é responsável pela leitura, compressão (GZIP ou ZLIB) e decodificação (base64) usadas no elemento *data*.

Quando observamos as *data* do arquivo .tmx, verificamos que ela possui dois atributos: *encoding* e *compression*. Estes atributos nos indicam se foi usada algum tipo de codificação (base64) e se algum algoritmo de compressão (GZIP ou ZLIB) foi aplicado. Para descompressão foi utilizada a biblioteca ZLIB, que fornece métodos para se trabalhar com compressão usando GZIP e ZLIB e para a decodificação foi usada o algoritmo desenvolvido por René Nyffenegger <sup>4</sup> que fornece um modo muito prático de decodificação. Ambos os algoritmos, de compressão e descompressão funcionam da mesma maneira, é passada uma *string* contendo

---

<sup>4</sup><http://www.adp-gmbh.ch/cpp/common/base64.html>

os dados codificados/comprimidos e como retorno temos a *string* decodificada/-descomprimida. Através dessa *string*, nós criamos um vetor de inteiros (através da conversão de tipos) que contem os índices de cada *tile* do *tileset*. Feito isso, podemos desenhá-los, fazendo com que o nosso cenário criado seja visualizado no *display*. Finalmente, a classe `TMXTileMap` contem os métodos para carregar e manipular os dados obtidos pela leitura do arquivo `tmx`, também provendo rotinas de verificação de colisão entre *sprites*. Esse processo de decodificação e descompressão representou um desafio, exigindo uma pesquisa sobre as bibliotecas usadas e o correto modo de usá-las.



Figura 2.14: Cenário construído usando o Tiled e a classe `TMXTileMap`.

Como pode-se observar, o Tiled fornece grande comodidade no projeto de cenários, uma vez que toda a tarefa se torna algo visual. Pensando nisso, também foi adaptado o uso do Tiled para criarmos *sprites* animados. As classes envolvidas são as mesmas usadas para se trabalhar com os cenários (com exceção da classe

TMXTileMap).

## AnimatedSprite

*Sprites* podem ser descritos como arquivos de imagem que suportam criação de animações e posicionamento livre na tela. De um modo geral, todas as imagens que possuem movimentação em um jogo podem ser denominadas *sprite* e podem apresentar um quadro fixo ou podem ter um conjunto de animações [PERUCIA 2007]. Os *sprites* que não possuem animação são representados pela classe `StaticSprite`. Esta classe recebe um objeto `ImageResource` e o manipula, definindo sua posição no *display*, realizando a renderização e verificando se ocorreu colisão desse com outro *sprite*. Quanto a classe `AnimatedSprite`, ela apresenta funções muito mais complexas e interessantes e essas funções serão abordadas a seguir.

A classe `AnimatedSprite`, como o nome sugere, é usada quando se deseja ter um *sprite* com suporte a animações. Essas animações são criadas através do `Tiled`, e carregadas posteriormente pelo método *load()* da classe. Um objeto da classe `AnimatedSprite` é constituído de um vetor de objetos do `Animation`, que por sua vez possuem uma coleção de objetos da classe `Frame`. Estas classes, como seus respectivos nomes sugerem, são responsáveis por armazenar os dados de cada animação criada para o *sprite* animado.



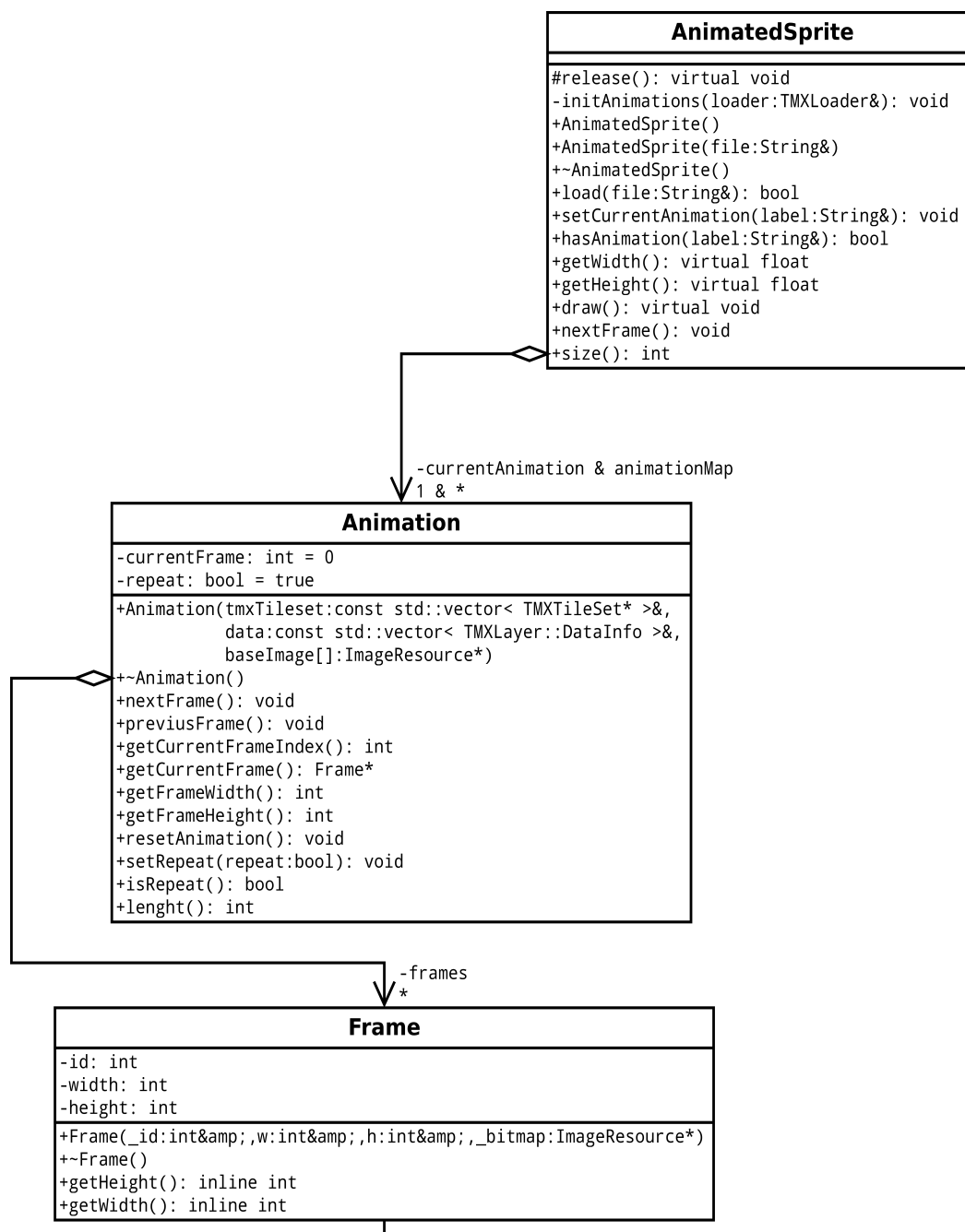


Figura 2.15: UML com detalhes das classe AnimatedSprite e suas classes auxiliares.

A criação das animações faz uso de um *tileset* chamado *spritesheet* (Figura 2.16) que contem todas as imagens referentes as animações que o *sprite* pode

possuir. Cada animação possui um número de *frames* que são os quadros com o desenho do personagem em uma dada posição.



Figura 2.16: Exemplo de *spritesheet*. Fonte: [SITHJESTER]

As animações são identificadas por *labels* que são definidos durante a criação das animações com o Tiled e posteriormente podem ser acessadas com o método *setCurrentAnimation()* da classe *AnimatedSprite*. O uso *AnimatedSprite* da proporciona grandes vantagens ao desenvolvedor ao oferecer suporte ao Tiled, tornando a criação de animações uma tarefa visual e mais atraente, fazendo uso do gerenciado de recursos *ResourceManager* para carregamento dos *spritesheets* e possibilitando uso prático das animações. Vale ressaltar que a Allegro não possui suporte nativo a criação de *sprites* animados deixando o desenvolvedor responsável por implementar esse recurso. Felizmente, esse detalhe é contornado com o uso da *AnimatedSprite*, deixando o desenvolvedor livre para se focar em outras áreas mais importantes de seu projeto.

Para criarmos um *sprite* animado usando a somente a Allegro, começamos definindo a estrutura de cada *frame*.

```
1  /* Constantes do sprite */
```

```

2  const int MAX_FRAMES = 12;
3  const int NUM_COLUNAS = 5;
4  const int NUM_LINHAS = 3;
5
6  /* Definimos as propriedades do sprite */
7  typedef struct Sprite
8  {
9      // Recebe o bitmap do sprite
10     ALLEGRO_BITMAP* vetorSprites[ MAX_FRAMES ];
11     // Guarda posicao dos sprites
12     float pos_x, pos_y;
13 } Sprite;

```

Em seguida criamos um *sprite* que possui apenas uma animação. Essa animação é funciona em *loop*, ou seja, quando o último *frame* da animação for desenhado, a animação volta a se repetir desde o primeiro *frame*.

```

1  /* Declaramos a imagem de fundo e o sprite sheet */
2  ALLEGRO_BITMAP* sprite_sheet = al_load_bitmap( "lutador.png" );
3  /* Criando o personagem */
4  Sprite personagem;
5  /* Recebe as dimensoes do sprite */
6  int frame_w = al_get_bitmap_width (sprite_sheet)/NUM_COLUNAS;
7  int frame_h = al_get_bitmap_height(sprite_sheet)/NUM_LINHAS;
8  /* Ajustamos as posicoes do personagem */
9  personagem.pos_x = 0;
10 personagem.pos_y = 0;
11 /* Variavel auxiliar para receber a posicao de cada frame dentro
    do sprite sheet */
12 int frame_x, frame_y;
13

```

```

14  /* Inicializamos o vetor do animacoes com os bitmaps */
15  for( int i = 0; i < MAX_FRAMES; i++ ){
16      frame_x = ( i % NUM_COLUNAS ) * frame_w;
17      frame_y = ( int ) ( i / NUM_COLUNAS ) * frame_h;
18
19      personagem.vetorSprites[ i ] = al_create_sub_bitmap(
          sprite_sheet, frame_x, frame_y, frame_w, frame_h );
20  }
21  /* Indica qual o frame atual do sprite */
22  int frame_atual = 0;
23
24  while( true )
25  {
26      /* Desenhamos o sprite na tela */
27      al_draw_bitmap( personagem.vetorSprites[ frame_atual ],
          personagem.pos_x , personagem.pos_y, 0 );
28      /* Atualiza a tela */
29      al_flip_display();
30      al_clear_to_color( al_map_rgb( 0, 0, 0 ) );
31      /* Incrementamos o frame e calculamos o novo valor. Assim,
          sempre teremos valores entre 0 e MAX_FRAMES-1*/
32      frame_atual++;
33      /* Se for o ultimo frame, voltamos ao primeiro */
34      frame_atual = frame_atual % MAX_FRAMES;
35      /* Aguarda alguns milesegundos */
36      al_rest( 0.06 );
37  }

```

A seguir, temos a criação de *sprite* animado usando a classe `AnimatedSprite`, considerando que já temos o arquivo `.tmx` com todas as animações prontas.

```

1  // Declaramos o sprite
2  AnimatedSprite spr;
3  // Carregamos o arquivo tmx
4  spr.load( "personagem.tmx" );
5  // Ajustamos posicao do sprite
6  spr.setPosition( Vector2D( 100.0f, 100.0f ) );
7  // Colocamos o sprite como visible
8  spr.setVisible( true );
9
10 while( true )
11 {
12     // Desenhamos o sprite
13     spr.draw();
14     // Avancamos para o proximo frame
15     spr.nextFrame();
16     // Atualizamos o display
17     video.reflesh();
18     // Aguarda alguns milesegundos
19     al_rest( 0.06 );
20 }

```

Com o código acima, fica evidente a vantagem de usar a `AnimatedSprite` para criar *sprites* animados ao invés de utilizar a `Allegro` separadamente.

## 2.4 Testes

A fase de teste consistiu simplesmente no uso das classes implementadas buscando erros de execução e *bugs*. Não foi utilizada nenhuma ferramenta específica para testes de *software* devido a pouca experiência dos membros da equipe com essas ferramentas e ao tempo restante disponível para terminar a versão inicial do

projeto. Muitos dos resultados dos testes foram descritos nesse relatório, como as medições de consumo de memória e tempo de carregamento da classe Resource-Manager.

### 3 Conclusão

Através deste projeto, nós concluimos que o desenvolvimento de jogos eletrônicos, em toda a sua extensão, envolve várias habilidades importantes para qualquer profissão da área da tecnologia, como a criatividade e a lógica matemática, especialmente para a tecnologia da informação e a engenharia da computação, como as técnicas de programação e a engenharia de software, o que confirma a viabilidade do uso dessa atividade de uma forma didática. Ainda mais considerando a tendência da inclusão de disciplinas de programação na grade do ensino fundamental, em qual contexto essa atividade seria um grande incentivo, senão no mínimo um meio de divulgação da programação, que por sua vez colaboraria com a educação de uma forma geral. Por mais utópica que pareça, essa expectativa está de acordo com a nossa realidade - o Brasil é o quarto maior consumidor de games do mundo.

O projeto tornou possível um rico aprendizado sobre a área de desenvolvimento de jogos eletrônicos, bem como das técnicas utilizadas no desenvolvimento e programação dos mesmos. Por meio de pesquisa e dedicação, conseguimos implementar um *software* que foi de encontro a todos os requisitos estipulados no início do projeto. Uma vez que a *SAGA Game Library* esteja finalizada e totalmente testada, pretendemos torná-la um projeto de *software* livre, de modo que tanto escolas, estudantes e entusiastas possam utilizá-la para projetos educacionais ou mesmo comerciais.

## Referências Bibliográficas

- ALLEGRODOC. *ALLEGRO - a game programming library docs*.  
[Http://alleg.sourceforge.net/docs.html](http://alleg.sourceforge.net/docs.html).
- BRUNNER, N. *Introduction to Tiled Map Editor: A Great, Platform-Agnostic Tool for Making Level Maps*. 2012.  
[Http://gamedevelopment.tutsplus.com/tutorials/introduction-to-tiled-map-editor-gamedev-2838](http://gamedevelopment.tutsplus.com/tutorials/introduction-to-tiled-map-editor-gamedev-2838).
- GEDIGAMES. Relatório final - mapeamento da indústria brasileira e global de jogos digitais. Núcleo de Política e Gestão Tecnológica - PGT, USP, 2010.
- GODOY, V. O uso de vetores em jogos. 2008.
- LARA, G. *Jornal da Tarde - quarto maior consumidor mundial de games*. 2012.  
[Http://blogs.estadao.com.br/jt-seu-bolso/brasil-e-4o-maior-consumidor-mundial-de-games/](http://blogs.estadao.com.br/jt-seu-bolso/brasil-e-4o-maior-consumidor-mundial-de-games/).
- MIZRAHI, V. V. *Treinamento em Linguagem C++ - Módulo 2*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2006.
- NOVAK, J. *Game Development Essencials*. [S.l.]: CENGAGE Learning, 2010.
- PEREIRA, L. *OLHAR DIGITAL*. 2013.  
[Http://olhardigital.uol.com.br/noticia/escolas-defendem-ensino-de-programacao-a-criancas-e-adolescentes/35075](http://olhardigital.uol.com.br/noticia/escolas-defendem-ensino-de-programacao-a-criancas-e-adolescentes/35075).
- PERUCIA, A. S. *Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos - Teoria e Prática*. [S.l.]: Novatec Editora., 2007.
- RODRIGUES, R. *Notas sobre TinyXML*. 2010. [Http://paginas.fe.up.pt/aas/-pub/Aulas/LAS/Ano10\\_11/Slides/TinyXML.pdf](http://paginas.fe.up.pt/aas/-pub/Aulas/LAS/Ano10_11/Slides/TinyXML.pdf).
- SITHJESTER. *Sithjester RMXP Resources*. [Http://untamed.wild-refuge.net/rmxpresources.php?characters](http://untamed.wild-refuge.net/rmxpresources.php?characters).
- THORBJORN, L. *TILED: Editor de mapas*. 2013. [Http://www.mapeditor.org/](http://www.mapeditor.org/).