DCC192

2025/1

UFMG

Desenvolvimento de Jogos Digitais

A9: Sistemas de Partículas

Prof. Lucas N. Ferreira

Plano de aula

- Sistemas de Partículas
  - Componentes
  - Detalhes de implementação
  - Exemplos
- TP2: Asteroids
  - Projéteis como sistemas de partículas
  - Forward vector

Sistemas de Partículas em Jogos Digitais

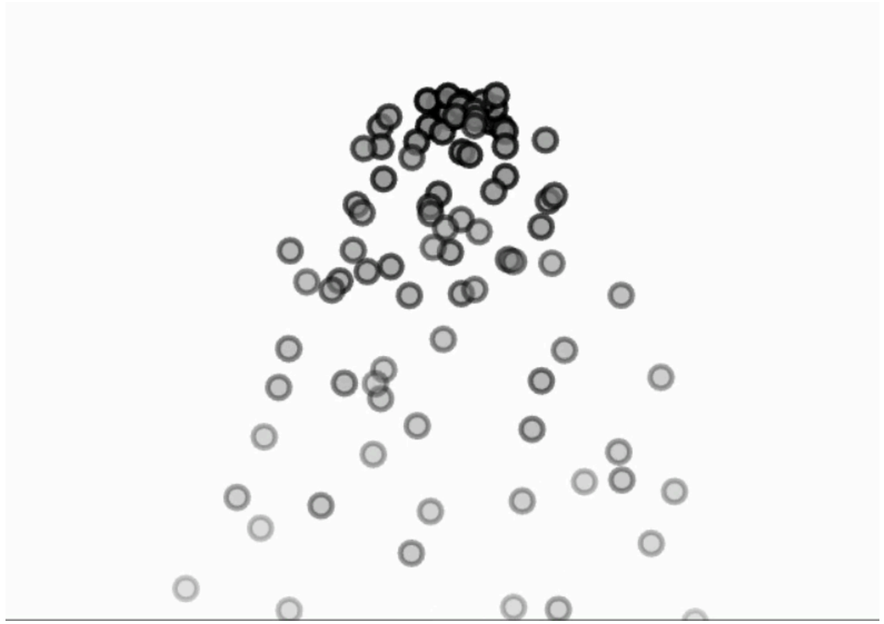
Geralmente, em jogos digitais queremos **modelar fenomenos naturais** orgânicos — aqueles em que uma malha sólida não consegue representar bem:

Por exemplo:

- Fogo
- Fumaça
- Explosões
- Tiros
- Estilhaços
- ...

Partículas, não malhas

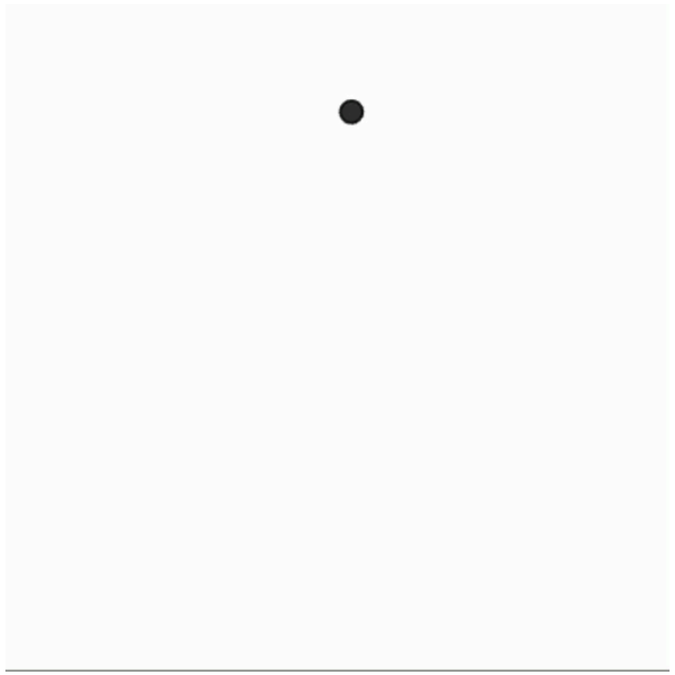
Sistemas de partículas **modelam fenomenos naturais** complexos com uma coleção de pontos ou polígonos simples texturizados. Dessa forma, um sistema de partículas é composto por:



- **Partícula**
  Objeto rígido sem rotação com tempo de vida limitado, i.e. morre após um certo tempo
- **Emissor de Partículas**
  Uma estrutura de dados que gerencia add/del de partículas
- **Sitemas de Emissores**
  Uma estrutura de dados que gerencia múltiplos emissores

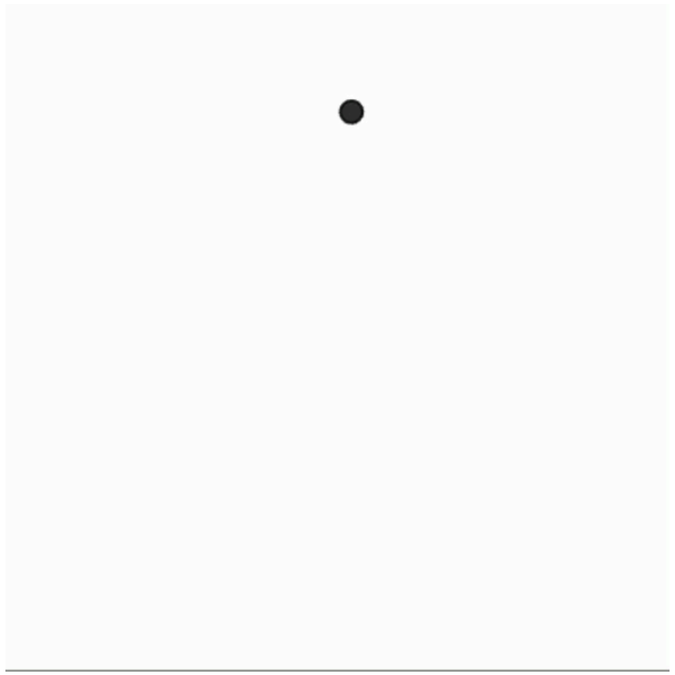
Partícula

Uma **partícula** é um objeto rígido sem rotação com tempo de vida limitado, i.e. morre após um certo tempo.



Partícula: Propriedades

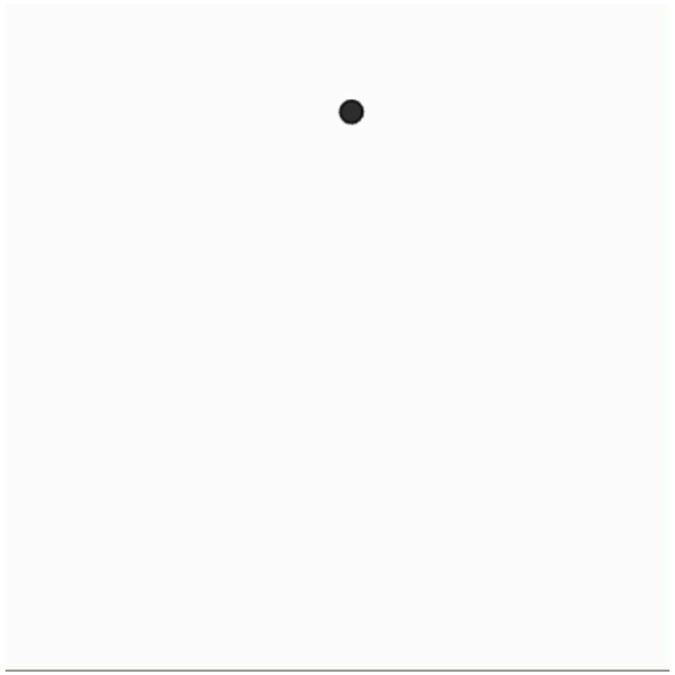
Uma **partícula** é um objeto rígido sem rotação com tempo de vida limitado, i.e. morre após um certo tempo. Além das **propriedades** física (`pos`, `vel` e `acc`), uma partícula também possui:



- **`Lifetime`**: tempo que a partícula permanecerá ativa
- **`Color:`** cor em (RGBA) para renderização
- **`Size:`** tamanho da geometrica da partícula
  - Circunferência → raio
  - Retângulo → (largura e altura)
  - ...
- **`IsDead:`** estado de vida atual da partícula

Partícula: Métodos

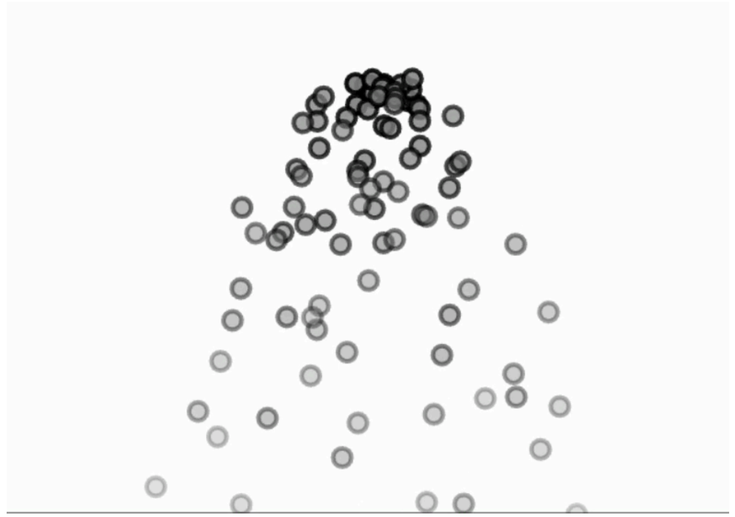
Uma **partícula** é um objeto rígido sem rotação com tempo de vida limitado, i.e. morre após um certo tempo. Os principais **métodos** de uma partícula são:



- **`Update()`:**
  - Atualiza simulação física se ainda estiver viva
  - Decrementa tempo de vida
  - Caso tenha chegado em zero:
    - Marca como morta
- **`Draw()`:**
  - Desenha a partícula
  - Considerar alteração de cor em função do tempo

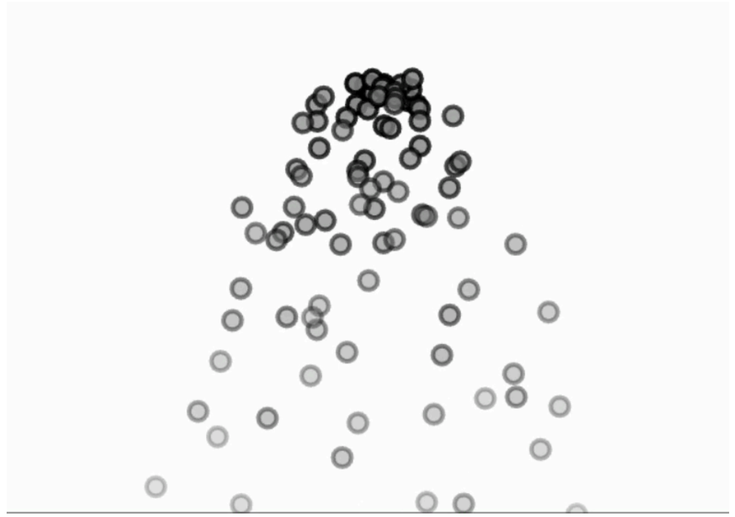
Emissor de Partículas

Um **emissores de partículas** é uma estrutura de dados que gerencia a criação de remoção de partículas.



Emissor de Partículas

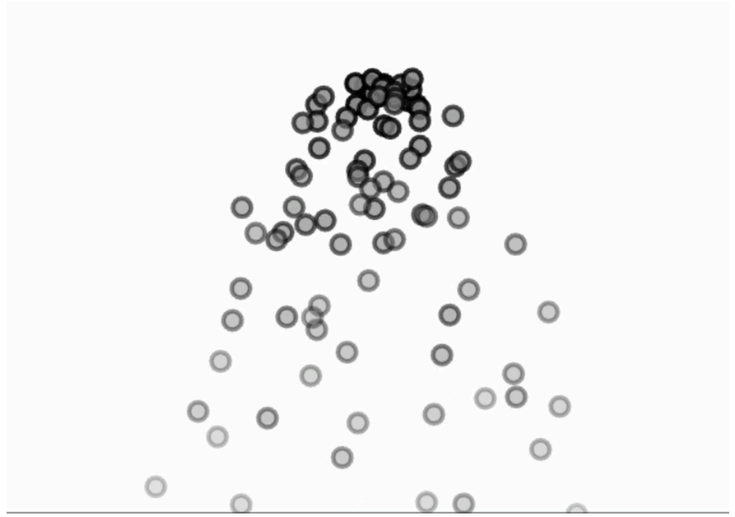
Um **emissores de partículas** é uma estrutura de dados que gerencia a criação de remoção de partículas. As principais **propriedades** de uma emissor são as seguintes:



- **`Particles`**: lista de partículas do sistema
- **`Origin:`** posição onde as partículas irão nascer

Emissor de Partículas

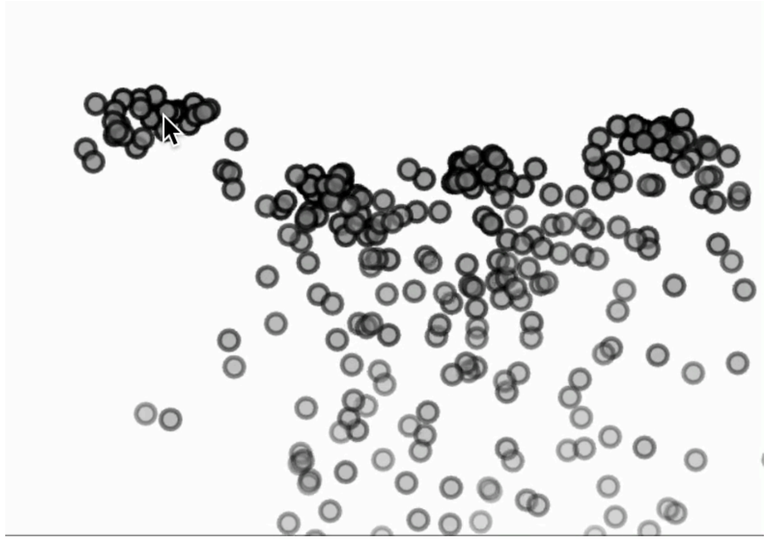
Um **emissores de partículas** é uma estrutura de dados que gerencia a criação de remoção de partículas. Os principais métodos de uma emissor são as seguintes:



- **`AddParticle()`** : adiciona uma partícula na origem do emissor
- **`DelParticle(p)`:** deleta uma partícula **`p`**
- **`Update()`:** para cada partíula **`p`** em **`Particles`**:
  - Atualiza **`p`** e verifica se ela morreu
  - Caso p tenha morrido: **`DelParticle(p)`**
- **`Draw()`:** Desenha cada partíula **`p`** em **`Particles`**:

Sistemas de Emissores

Um **sistema de emissores** é uma estrutura de dados que gerencia a criação de remoção de emissores de partículas. As propriedades de uma sistema de emissores são as seguintes:



- **`Emitters`**: lista de emissores do sistema
- **`AddEmitter()`**: adiciona um emissor
- **`DelEmitter(p):`** deleta um emissor

Normalmente, haverá uma série de sistemas de partículas trabalhando juntos para criar um único efeito visual. O sistema de emissores representa um único efeito visual.

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Lifetime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Lifetime	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Lifetime	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Lifetime	3	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Lifetime	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Lifetime	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Gerencimanto de Memória: Object Pool

Um sistema de partículas tipicamente possui muitas partículas que vivem muito pouco tempo.

- **Problema**: Alta frequência de alocação/desalocação de memória (fragmentação)
- **Solução**: Object Pooling
  - Alocar um *pool* de partículas durante a inicialização do emissor
  - Quando for adicionar uma partícula, procurar por partículas mortas e revivê-las

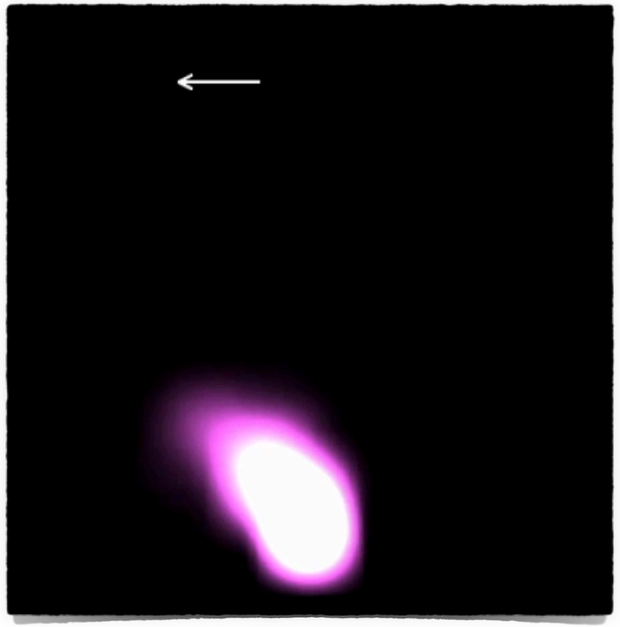
	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Lifetime	1	3	1	2	4	2	3	6	2	3	3	1	3	1	2	1

Se todos as partículas estivem ocupadas, não será possível criar partículas por um tempo!

https://gameprogrammingpatterns.com/object-pool.html

Modelando Comportamentos Orgânicos

Para **modelar comportamentos orgânicos**, podemos configurar diferentes parâmetros do sistema de partículas:

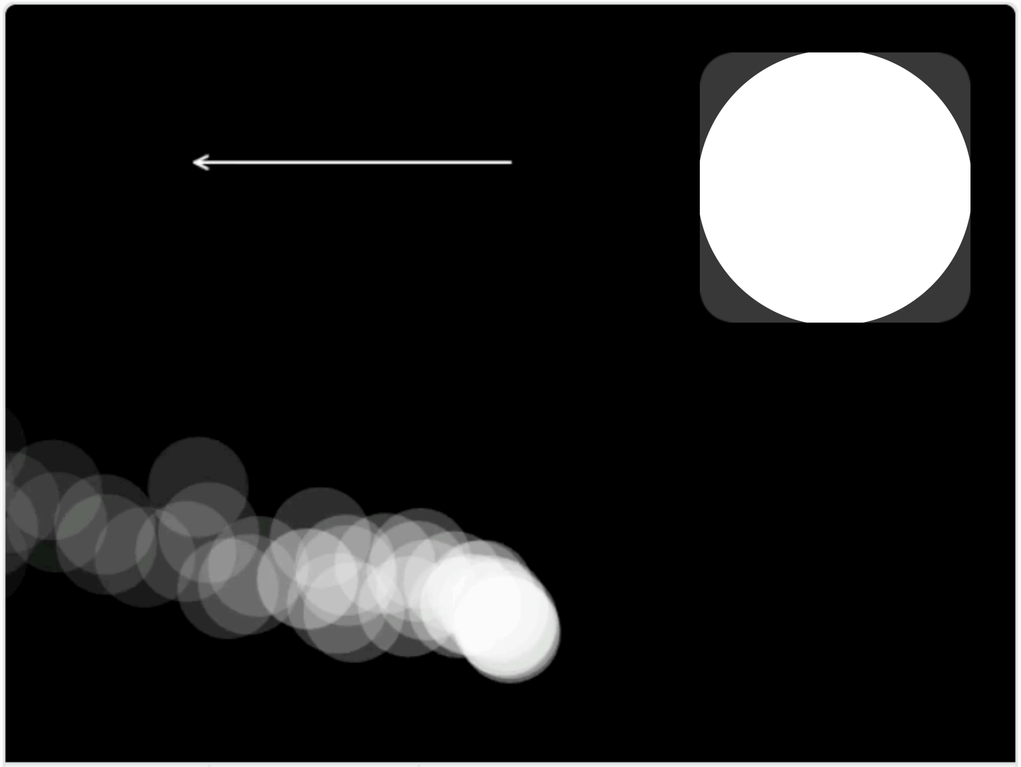


- Número, posição e tempo de vida de partículas
  - Tempo aleatório em um intervalo [min, max]
- Número e posição de emissores
- Frequência de emissão dos emissores
- ...

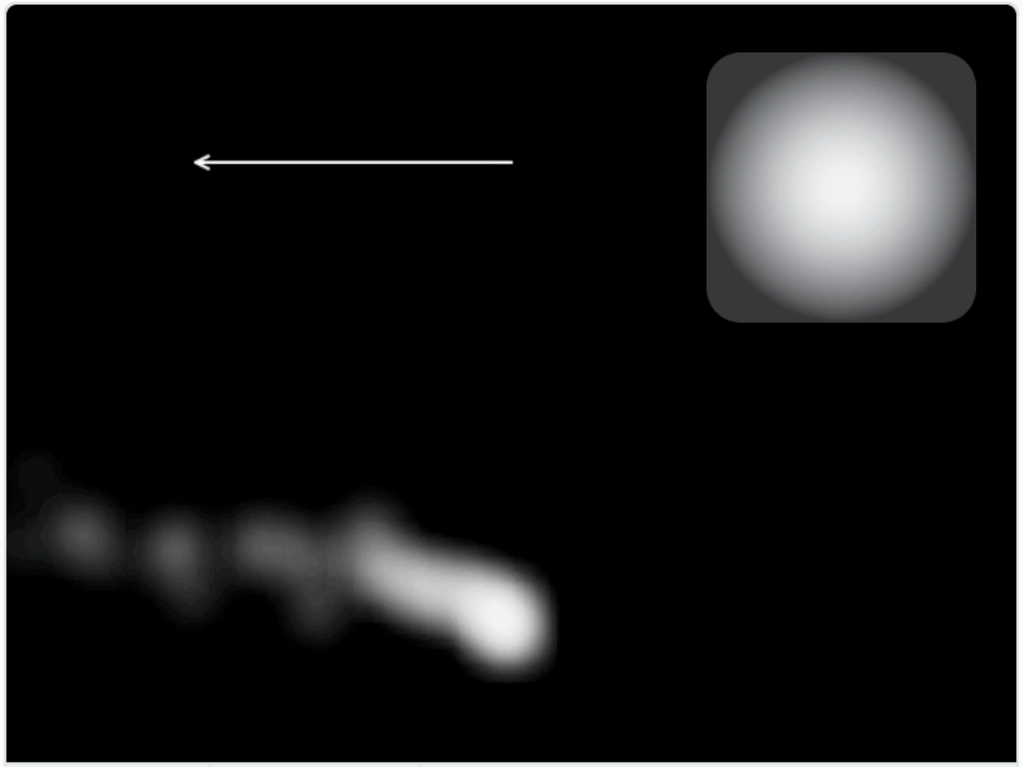
Além disso, podemos aplicar forças às particulas!

Exemplo 1: Fogo

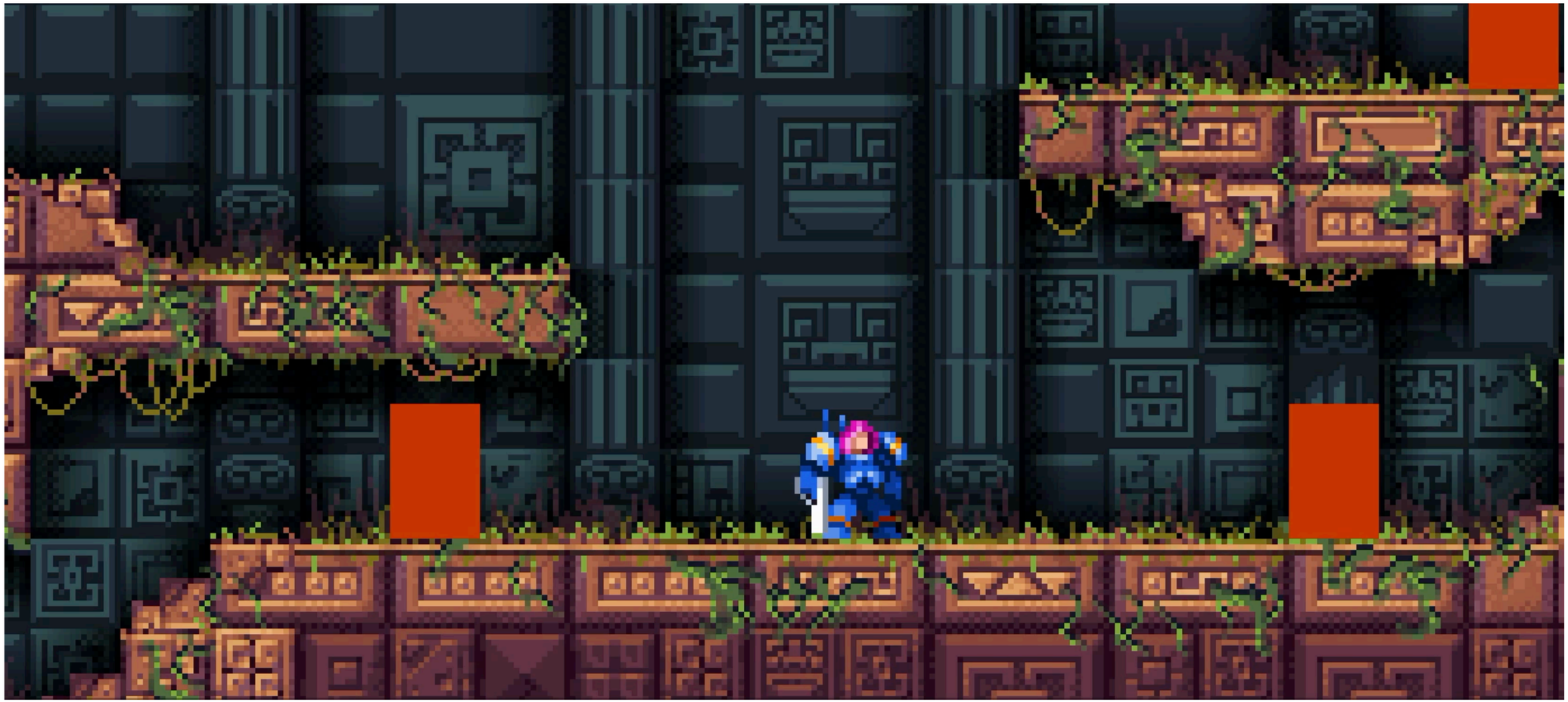
Cor sólida com transparência



Textura com fade out



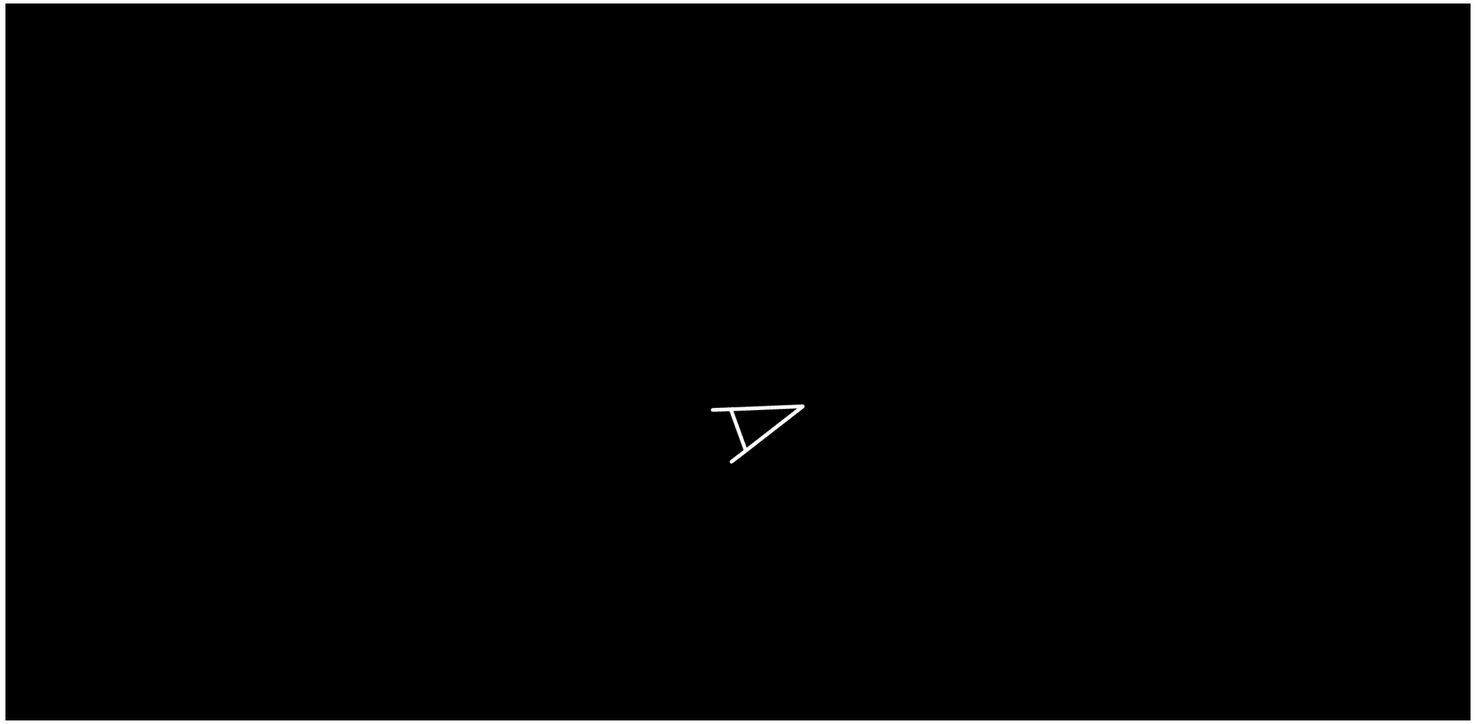
Exemplo 2: Projéteis



https://deepnight.net/games/game-feel/

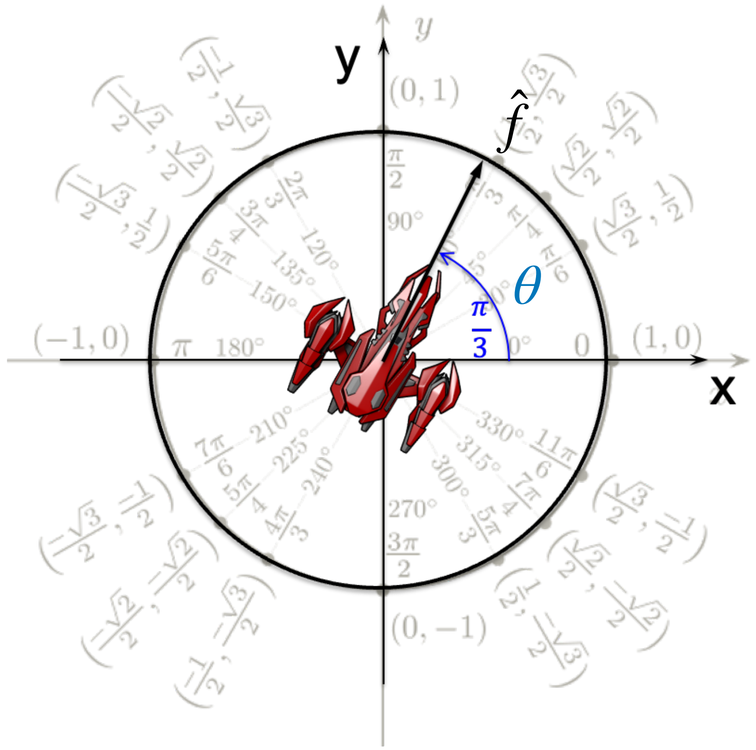
TP2: Asteroids

No **TP2: Asteroids**, os tiros que o jogador pode atirar da nave serão implementados com sistemas de partículas:



TP2: Asteroids

No **TP2: Asteroids**, será necessário calcular o *forward vector* $\hat{f}$, um vetor unitário que representa a direção da nave, a partir de um ângulo de rotação (ex., $\frac{\pi}{3}$)



- Como obter o vetor $\hat{f}$ a partir do ângulo θ?

$$f_x = cos(\theta)$$

$$f_y = sin(\theta)$$

TP2: Asteroids

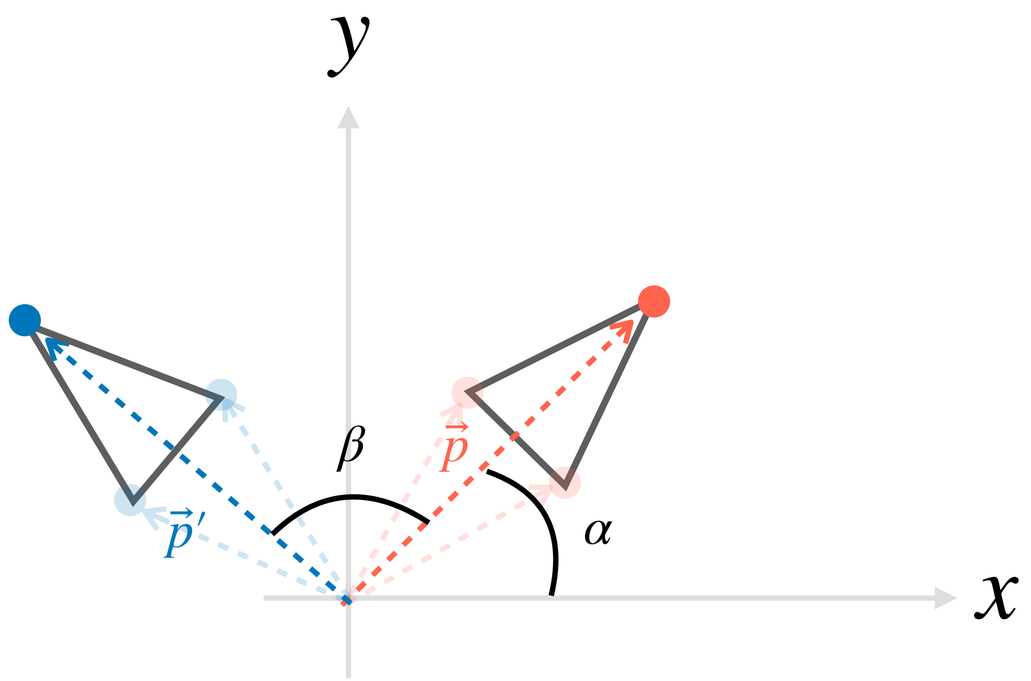
No **TP2: Asteroids**, será necessário rotacionar os vértices que representam a nave:

$$\overrightarrow{p'} = R\,\vec{p} = \begin{bmatrix} cos\ \beta & -sin\ \beta \\ sin\ \beta & cos\ \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$x = r \cdot cos\ \alpha \qquad y = r \cdot sin\ \alpha$$
$$x' = r \cdot cos(\alpha + \beta) \qquad y' = r \cdot sin(\alpha + \beta)$$

$$x' = r \cdot cos\ \alpha \cdot cos\ \beta - r \cdot sin\ \alpha \cdot sin\ \beta$$
$$y' = r \cdot cos\ \alpha \cdot sin\ \beta + r \cdot sin\ \alpha \cdot cos\ \beta$$

$$x' = x \cdot cos\ \beta - y \cdot sin\beta$$
$$y' = x \cdot sin\ \beta + y \cdot cos\beta$$



Próxima aula

A10: Gráficos 2D

- Sprites/Spritesheets
- Animações
- Tilemaps