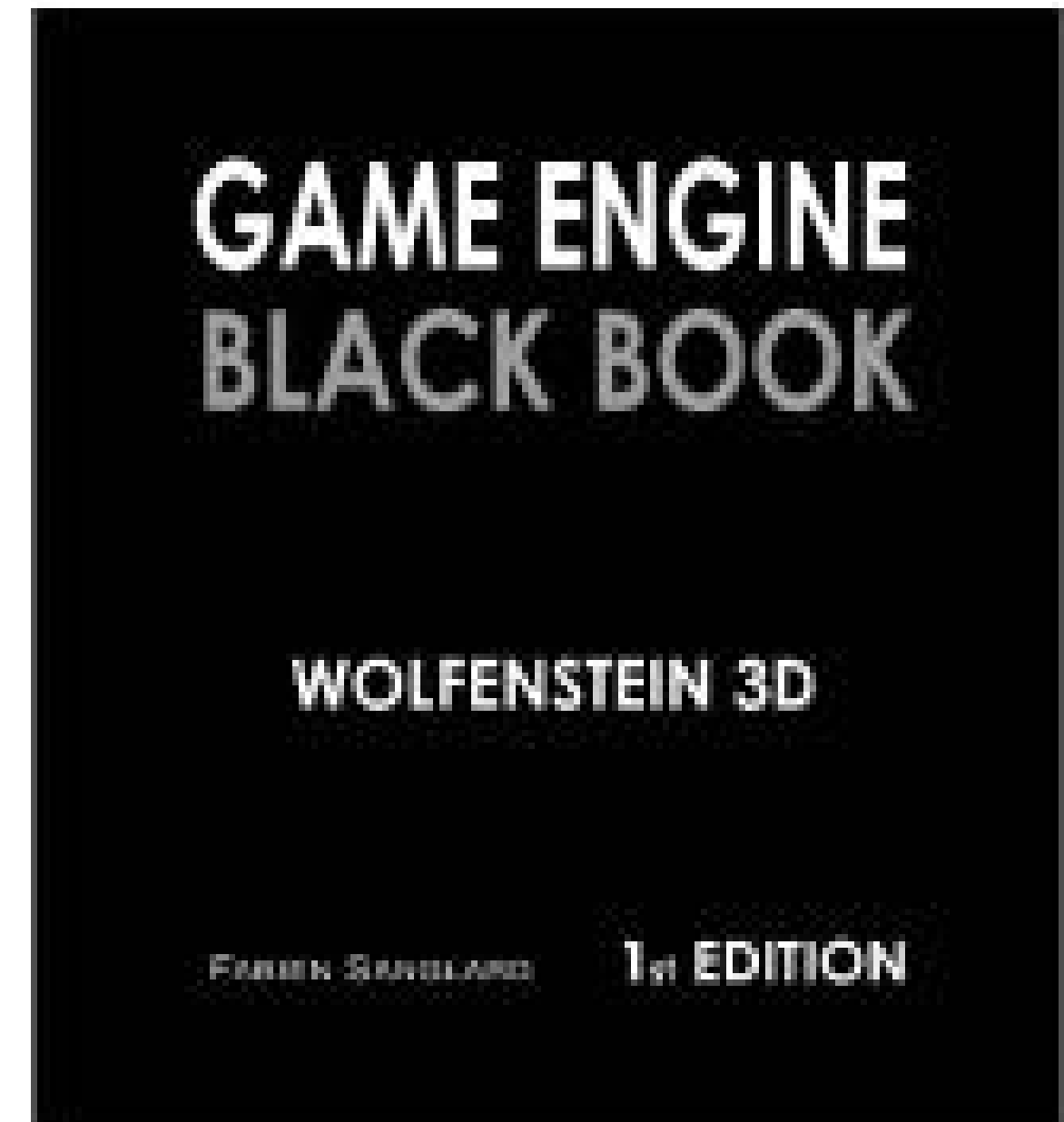


GAME ENGINE BLACK BOOK: WOLFENSTEIN 3D

CAP 4: RENDERIZADOR 2D E MOTOR 3D

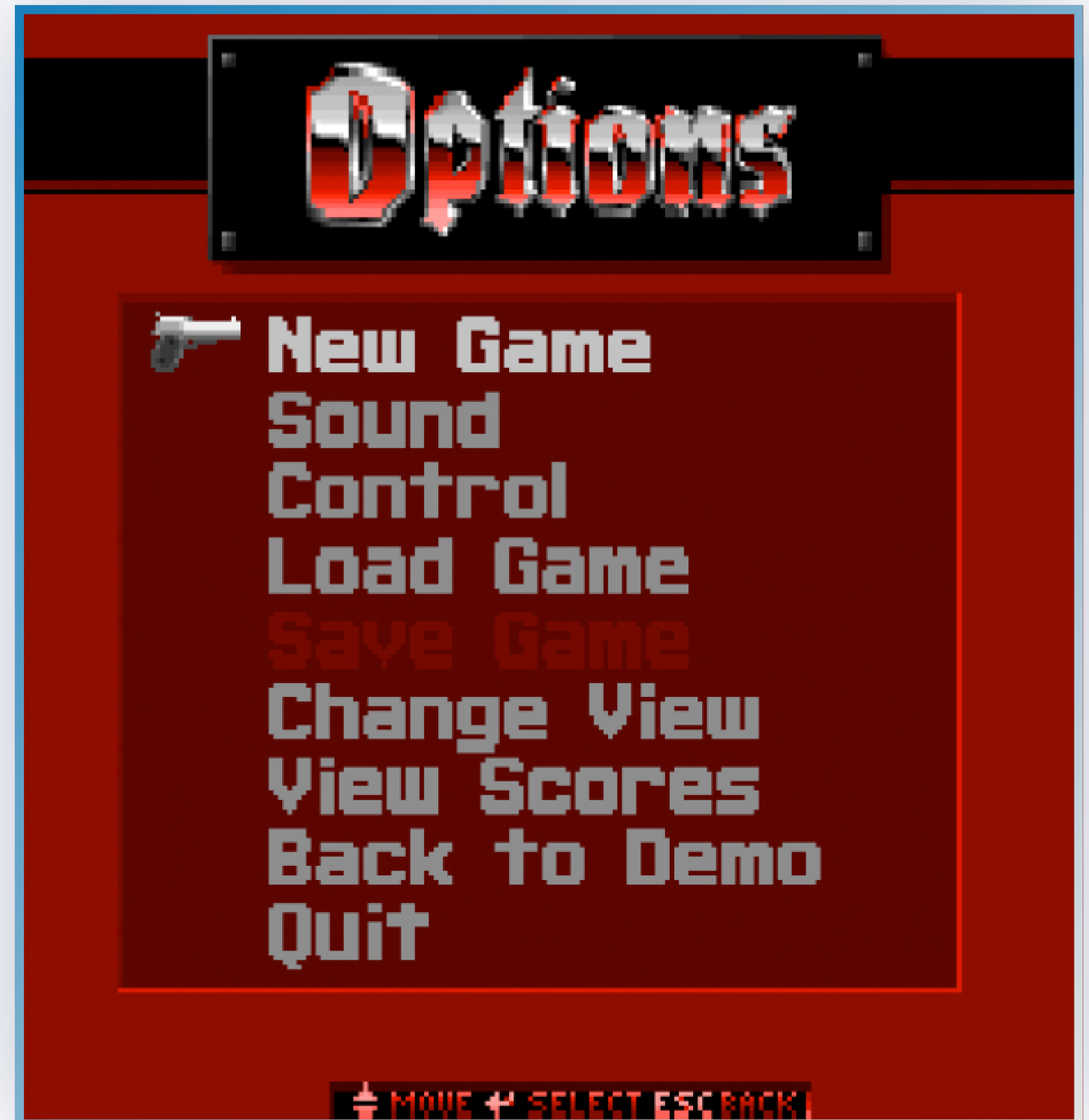
ANDRÉ LUIZ GOMES
DAVI CARVALHO
MIGUEL PAGANINI
MIGUEL SAITER



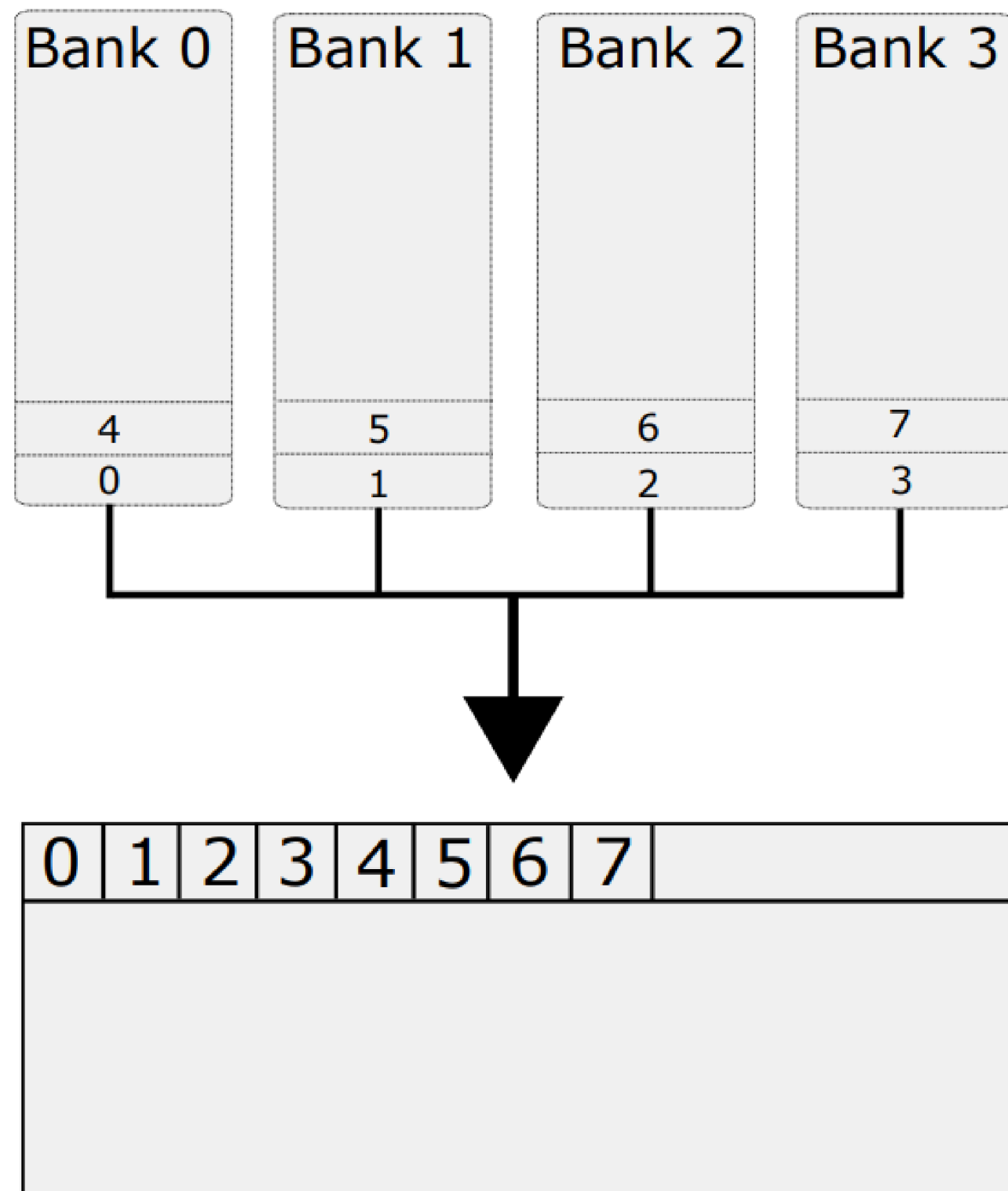
FASE DO MENU: RENDERIZADOR 2D

- Interface inicial renderizada em 2D.
- Uso da memória VGA com múltiplos bancos.
- Escrita simultânea de pixels para otimizar desempenho.

A FASE INICIAL DO JOGO FOCA NA INTERFACE DE USUÁRIO. O MAIOR GARGALO TÉCNICO ERA A LIMPEZA E PREENCHIMENTO DA TELA, QUE POSSUI 64.000 PIXELS.



VGA Memory banks



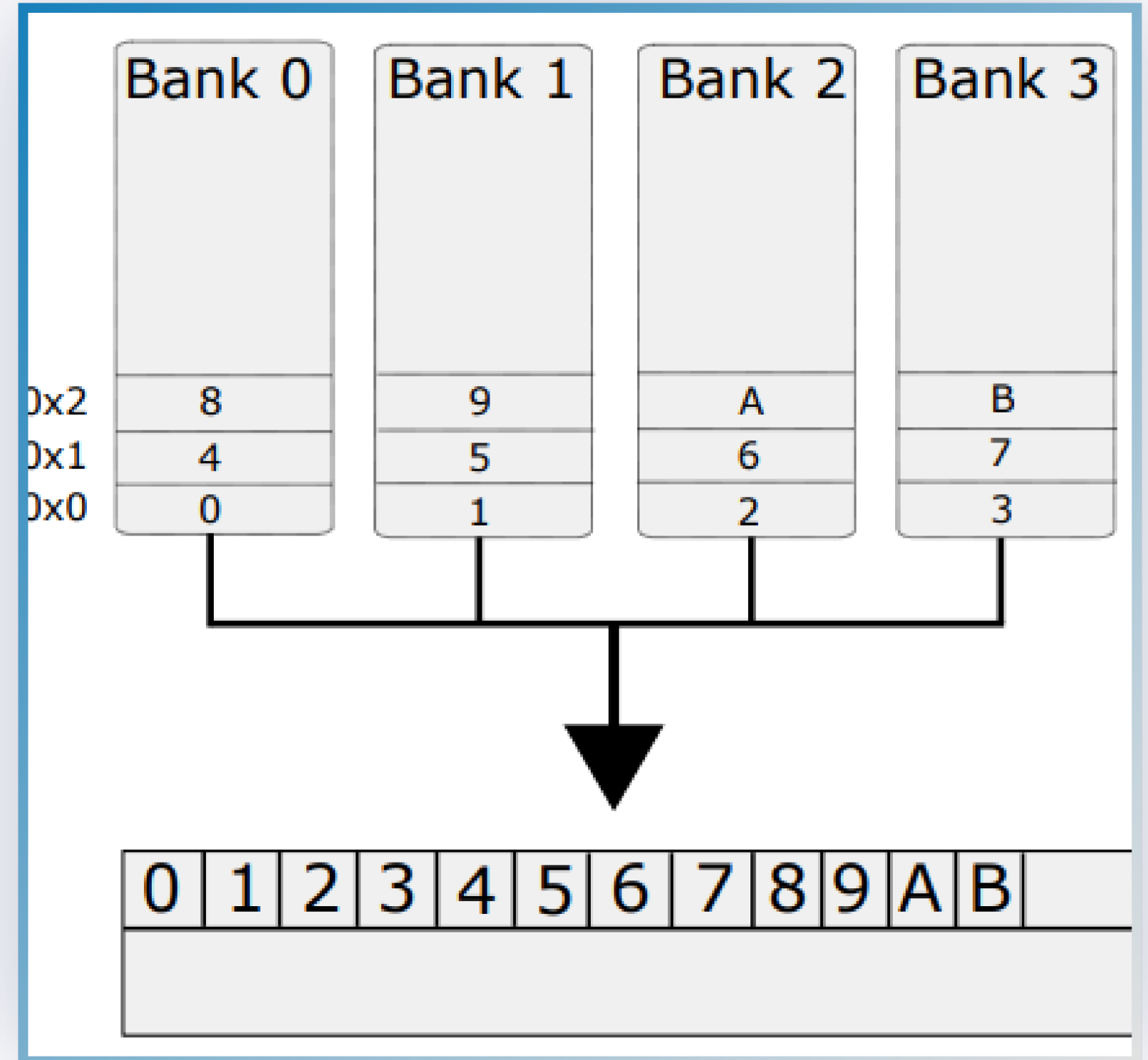
TRUQUE DA MÁSCARA DE BANCOS VGA

- Uso da máscara de bancos (bank mask) para controle de escrita.
 - Uma única operação pode escrever até 4 pixels.
- Com registradores de 16 bits → até 8 pixels por operação.
- Redução de ~64.000 para 8.000 operações para preencher a tela inteira.

UMA ÚNICA ESCRITA PODIA ATUALIZAR MÚLTIPLOS PIXELS, REDUZINDO DRÁSTICAMENTE O CUSTO DE RENDERIZAÇÃO.

LIMITAÇÃO: ALINHAMENTO DOS PIXELS

- NEM TODO GRUPO DE PIXELS PODE SER ESCRITO JUNTO.
- APENAS BYTES NO MESMO ENDEREÇO DENTRO DE UM BANCO PODEM SER ESCRITOS SIMULTANEAMENTE
- O ALINHAMENTO COM OS BANCOS PRECISA SER CUIDADOSAMENTE CONSIDERADO.



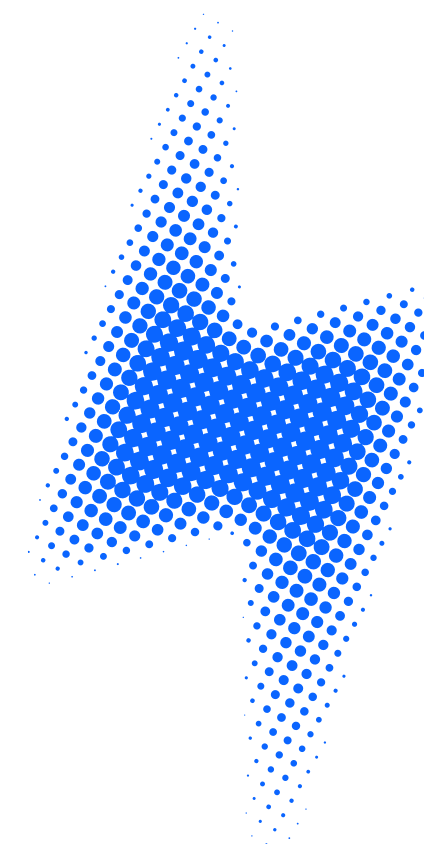


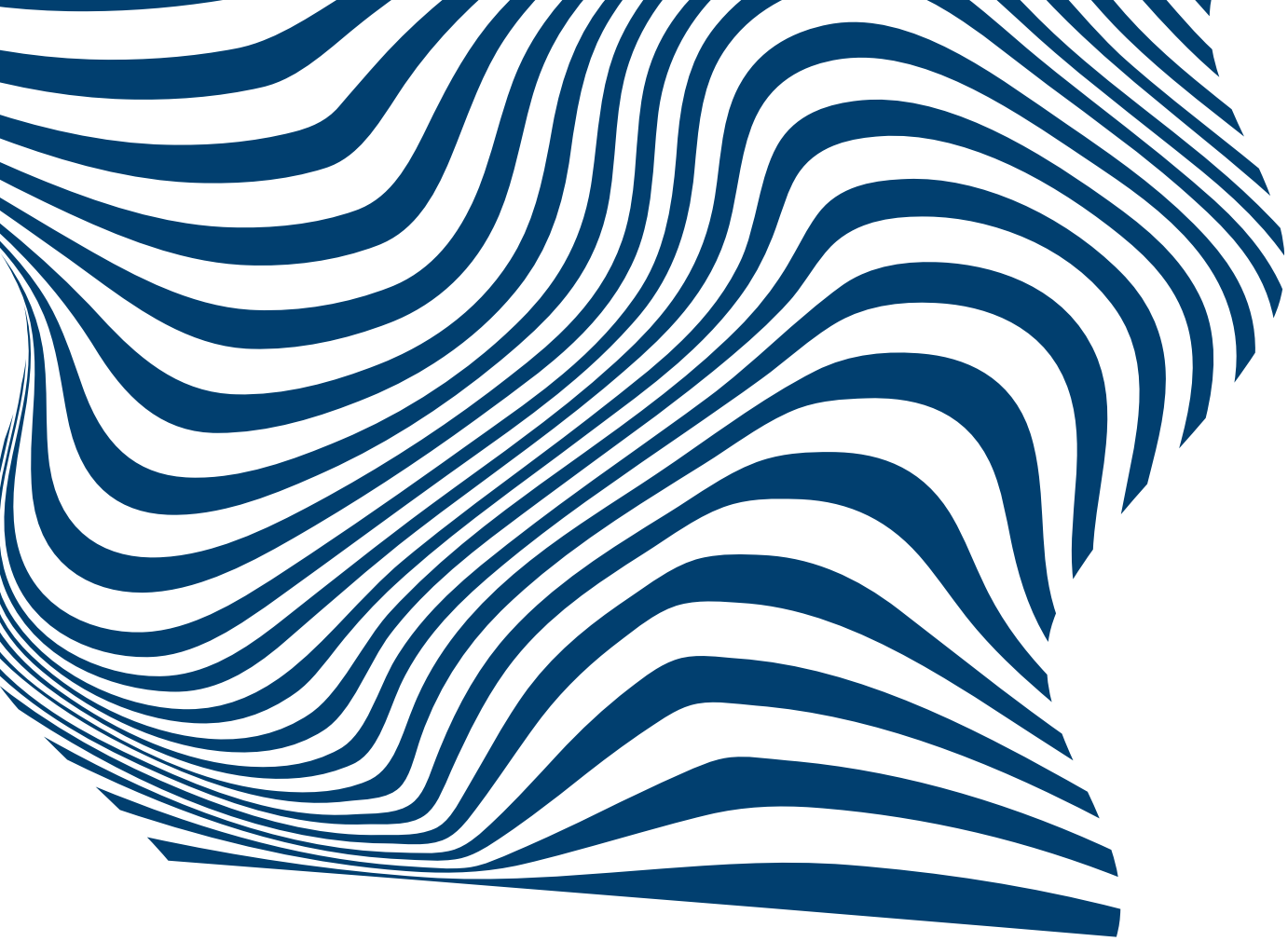
O RENDERIZADOR 3D

O que eu estou vendo?

PORQUE O SISTEMA FAZ ISSO?

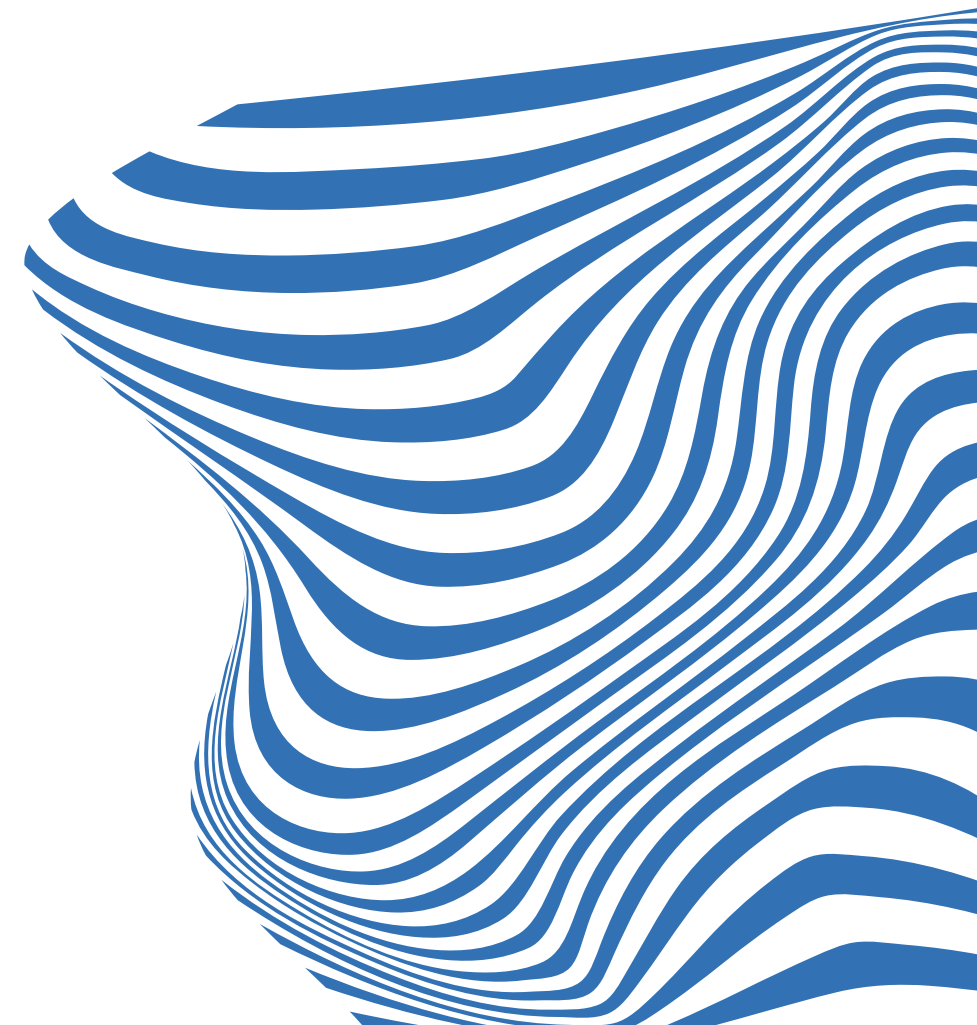
-
- **EVITA RENDERIZAR TODO O AMBIENTE 3D DE UMA VEZ**
 - **CALCULA APENAS O QUE O JOGADOR REALMENTE ESTÁ VENDO**
 - **REDUZ DRASTICAMENTE O CUSTO DE PROCESSAMENTO**
 - **TRANSFORMA UM PROBLEMA ESPACIAL COMPLEXO EM CÁLCULOS SIMPLES**
 - **PERMITE CONSTRUIR A CENA DE FORMA INCREMENTAL (COLUNA POR COLUNA)**
 - **GARANTE DESEMPENHO SUFICIENTE PARA RODAR EM HARDWARE LIMITADO**





CICLO DE VIDA DO QUADRO

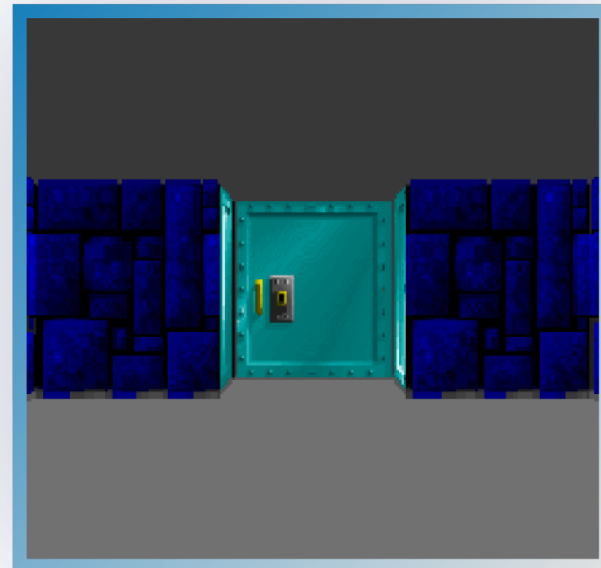
- Cada frame do jogo tinha duração variável.
- Tempo dependia da renderização + atualização.
- Isso tornava o jogo não determinístico.
- Execuções podiam gerar resultados diferentes.
- A renderização 3D é dividida em 5 estágios principais.



ESTÁGIOS DE RENDERIZAÇÃO



ESTÁGIO 1:
Limpar Tela



ESTÁGIO 2:
Paredes



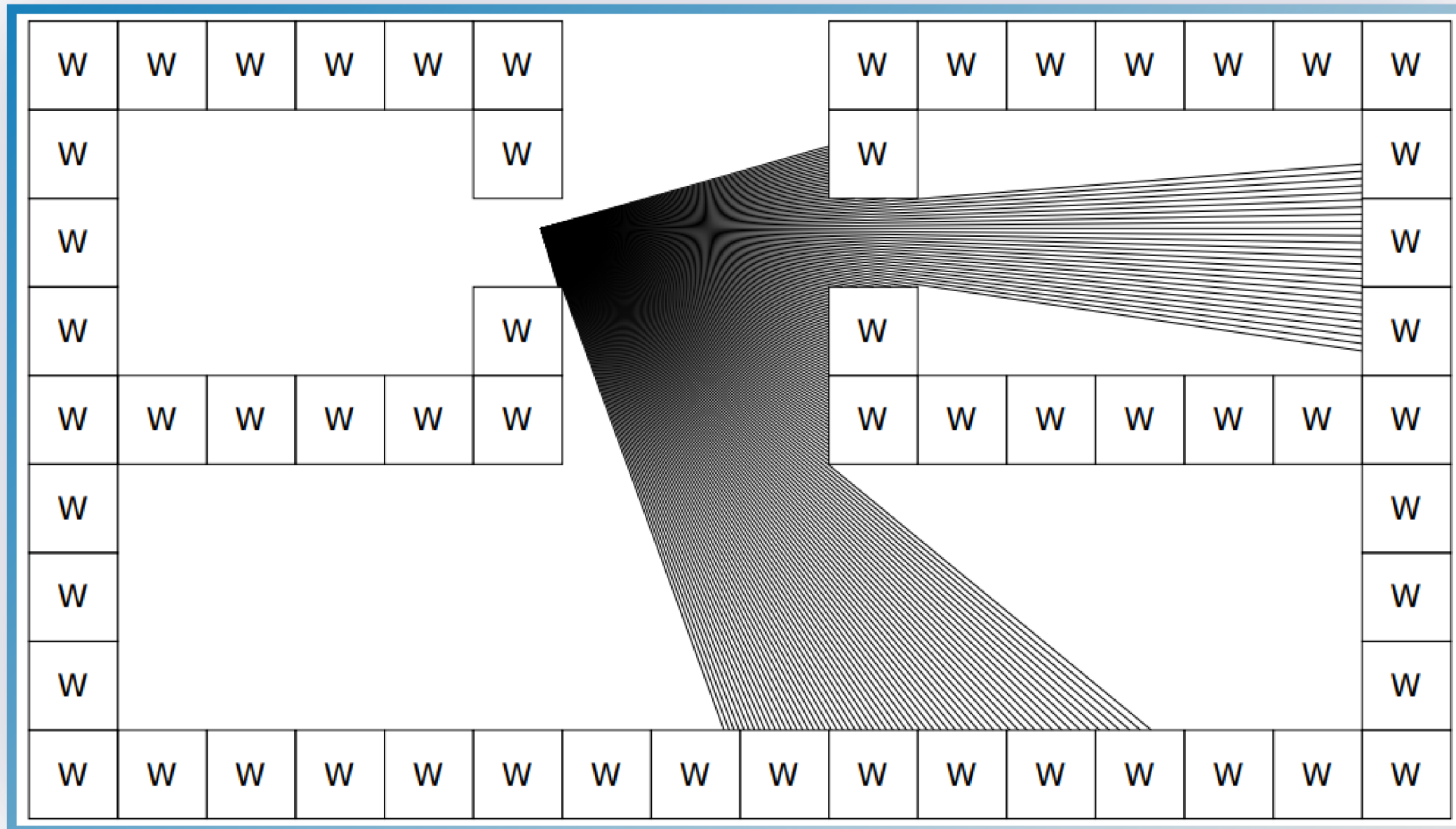
ESTÁGIO 3:
Sprites



ESTÁGIO 4:
Arma

● ● ● ● ●

RAYCASTING



PARA CADA COLUNA DE PIXELS DA TELA (320 AO TOTAL), UM RAI0 É LANÇADO A PARTIR DO PONTO DE VISTA DO JOGADOR. A DISTÂNCIA D ATÉ A PAREDE DETERMINA A ALTURA H DA COLUNA RENDERIZADA:

$$h = \frac{x}{d}$$

SETUP 3D: HUD E LATCHES DA VRAM



- HUD (LEVEL, SCORE, LIVES, HEALTH, AMMO) É DESENHADO NO INÍCIO DA FASE 3D.
- ESCRITO SIMULTANEAMENTE NAS 3 PÁGINAS DE BUFFER.
- LATCHES ARMAZENAM VALORES LIDOS DA VRAM.
- REUTILIZADOS DO MODO 12H NO MODO Y.
- PERMITEM COPIAR DADOS COM 1 LEITURA + 1 ESCRITA.
- TRANSFEREM 4 BYTES POR OPERAÇÃO.

LIMPANDO A TELA



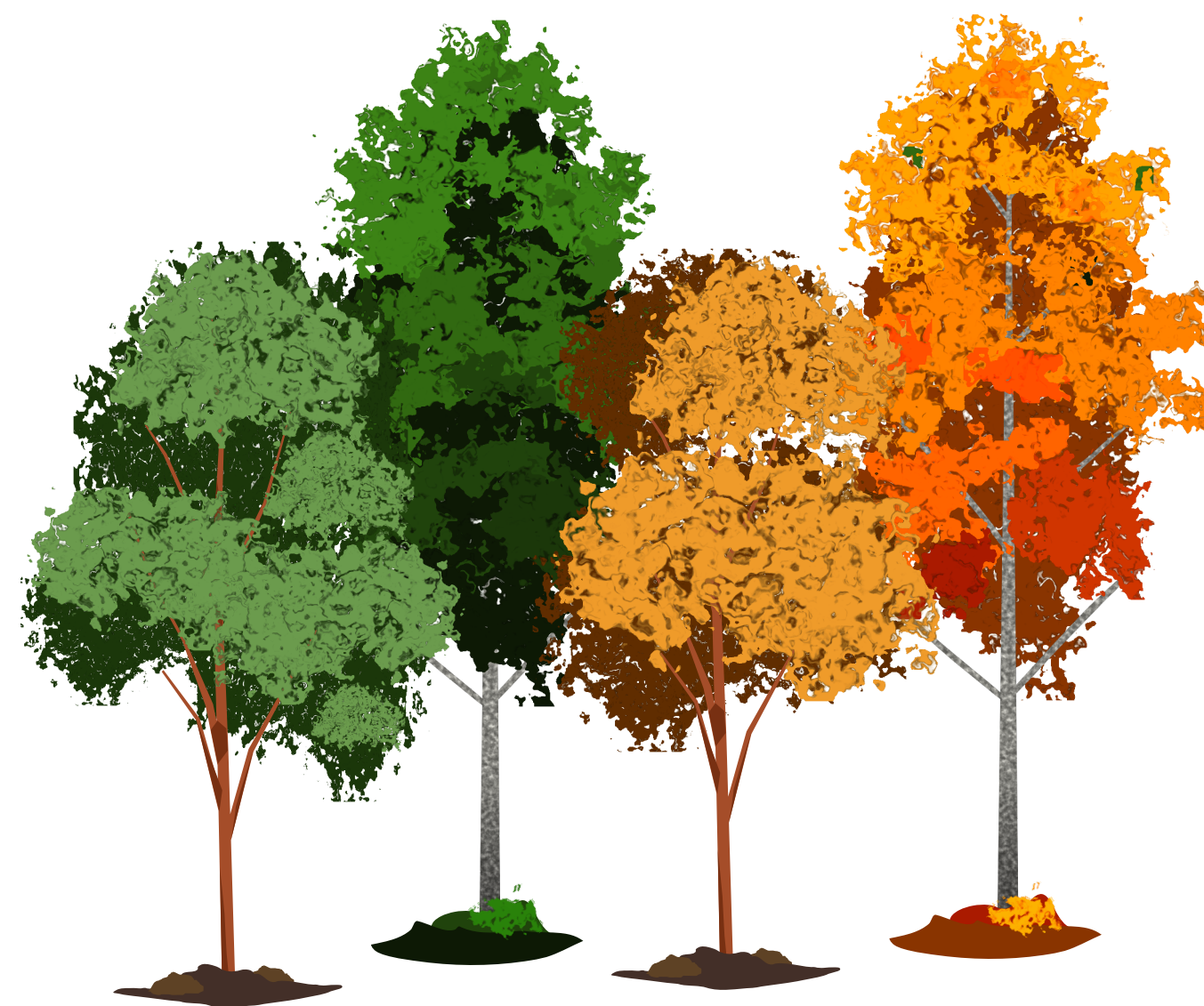
```
void VGAClearScreen(void) {
    asm mov dx, SC_INDEX
    asm mov ax, SC_MAPMASK + 15 * 256
    asm out dx, ax
    asm mov es, [screenseg]
    asm mov di, [bufferofs]
    asm mov ax, [ceiling]
    toploop:
        asm mov cl, bl
        asm rep stosw
        asm add di, dx
        asm dec bh
        asm jnz toploop
}
```

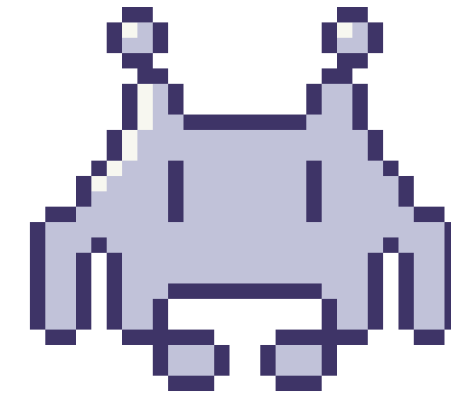
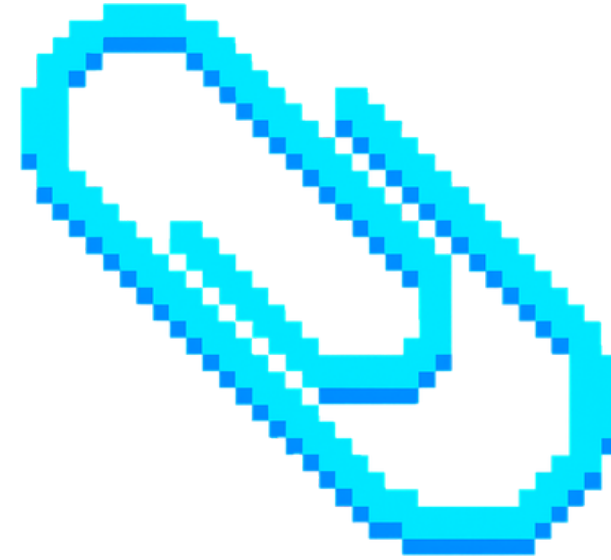
- A CADA FRAME, O MOTOR LIMPA A ÁREA 3D.
- PREENCHIMENTO COM CORES DO TETO E DO CHÃO.
- USO DA MÁSCARA DE BANCOS DA VGA.
- ESCRITA DE ATÉ 8 PIXELS POR INSTRUÇÃO (16 BITS).
- USO DA INSTRUÇÃO REP STOSW (ASSEMBLY).
- LIMPEZA DE 304×152 PIXELS COM APENAS 779 INSTRUÇÕES.



CONCLUSÃO

O DESENVOLVIMENTO DE WOLFENSTEIN 3D EXIGIU SUPERAR LIMITAÇÕES DRÁSTICAS DE HARDWARE ATRAVÉS DO USO CRIATIVO DA MEMÓRIA VRAM E DE OTIMIZAÇÕES DE BAIXO NÍVEL EM ASSEMBLY. A UNIÃO DAS TÉCNICAS DE RAYCASTING COM O CONTROLE ABSOLUTO DE FERRAMENTAS COMO A MÁSCARA DE BANCOS E A ARQUITETURA DE LATCHES GARANTIU A TAXA DE QUADROS NECESSÁRIA PARA CRIAR E POPULARIZAR O PARADIGMA MODERNO DE JOGOS DE TIRO EM PRIMEIRA PESSOA.





OBRIGADO

