



# Upscaling de Vídeo-Games Antigos em Sistemas Modernos

## Upscaling of Retro Games in Modern Systems

**Lucas Ferreira da Silva**

*Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara – UNIARA, Araraquara-SP.*

**Augusto Perez de Andrade**

*Orientador. Docente do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara – UNIARA, Araraquara-SP.*

**Fabiana Florian**

*Coorientador. Docente do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara – UNIARA, Araraquara-SP.*

**Resumo:** O Projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema moderno e acessível de Upscaling para consoles de videogame antigos, promovendo a melhoria da qualidade visual de jogos clássicos em televisores e monitores atuais de alta definição. O projeto propõe uma abordagem integrada que alia tecnologias de processamento de vídeo com automação e controle inteligente. Utilizando microcontroladores Arduino, o sistema é capaz de gerenciar dinamicamente as conexões e o funcionamento dos dispositivos, promovendo praticidade e eficiência no uso cotidiano. Além disso, o controle por comandos de voz integrado com assistentes virtuais como a Amazon Alexa, amplia a acessibilidade e a usabilidade do sistema, permitindo uma experiência fluida e interativa. A proposta visa preservar a jogabilidade nostálgica desses consoles sem renunciar à conveniência e qualidade oferecidas pelas tecnologias atuais, representando uma interseção entre o resgate histórico e a inovação tecnológica.

**Palavras-chave:** automação; imagem; retro-gaming; upscaling.

**Abstract:** The development of an upscaling system for old video games, with a focus on improving image quality on modern screens. The solution will integrate automation with Arduino system board and voice control, making possible the practical and operational activity by itself. The project seeks to combine nostalgia and technology, offering a modern experience without losing the essence of classic consoles.

**Keywords:** automation; imaging; retro-gaming; upscaling.

## INTRODUÇÃO

O processo de upscaling é, ao mesmo tempo, engenhoso e incrivelmente rápido. Quando se coloca um vídeo em baixa resolução, como um DVD antigo, para rodar em uma TV 4K, a tela precisa “criar” milhões de pixels que não existem no conteúdo original (Bonato, 2024).

Com o avanço da tecnologia e o crescimento do mercado de televisores de alta definição (HD, Full HD, 4K e além), surgiu um desafio significativo para os entusiastas de jogos eletrônicos antigos: como preservar e exibir esses jogos projetados para TVs CRT (tubo) em equipamentos modernos, sem perder sua identidade visual?

Com isso, os diversos entusiastas de tecnologia retro, sendo ela envolvendo os vídeos-games ou filmes (DVD ou até mesmo VHS) estão cada vez mais buscando conhecimento sobre o sistema de upscaling de imagem para aproveitar cada vez mais do seu hobby ou até mesmo em alguns casos, trabalho.

Historicamente: durante os anos 1980 e 1990, consoles como o NES, SNES, Mega Drive, PlayStation 1 e outros, operavam em resoluções nativas muito baixas (geralmente entre 240p à 480i), aproveitando características específicas das TVs CRT (como o blur natural e o scanline) para “esconder” limitações gráficas e dar charme à estética visual.

Esses gráficos foram desenhados para serem vistos em baixa resolução, o que significa que os jogos ficavam visualmente mais coesos e suaves no CRT do que ficariam em uma tela LCD moderna, onde o pixel é mostrado com nitidez extrema.

Com o avanço da tecnologia, ao conectar esses consoles antigos diretamente a uma TV moderna via cabo composto ou até HDMI (via adaptadores), o que se vê geralmente são: gráficos borrados ou esticados, aspect ratio incorreto (personagens deformados ou achatados), flickering e input lag e por fim, a perda do charme dos gráficos antigos.

Isso acontece porque as TVs modernas não são otimizadas para lidar com sinais analógicos de baixa resolução. A imagem é escalada automaticamente, e o resultado costuma ser visualmente desagradável.

Daí surgiu a necessidade de sistemas de melhoria de imagem e sinal especializados, que fazem o que a TV moderna não consegue, primeiramente falando dos Upscalers Analógicos/Digitais que são Dispositivos como o XRGB Mini Framemeister, OSSC (Open Source Scan Converter), e mais recentemente o RetroTINK e o Pixel FX Morph são projetados para: capturar sinais analógicos (composto, componente, SCART), converter em digital HDMI, escalar a imagem com algoritmos que preservam o pixel art e minimizam o input lag, além disso, temos os Emuladores com Filtros e Shaders que no PC e em consoles modernos, como RetroArch, SNES9x ou PCSX2 permitem o uso de filtros como: xBRZ, HQx, Scale2x/3x, Shaders CRT (imitam scanlines, blur e bloom) e por fim, AI-based upscaling (como ESRGAN para texturas em 3D).

Esses métodos não só aumentam a resolução, mas também reinterpretem artisticamente o visual original, mantendo a identidade estética.

De acordo com Marcolino (2024), nos últimos anos, ferramentas baseadas em inteligência artificial, como o ESRGAN, começaram a ser usadas por modders para recriar texturas em HD para jogos do PlayStation 1 e 2, Nintendo 64 e outros, melhorar as cinemáticas pré-renderizadas e tornar-se jogos antigos mais “compatíveis visualmente” com resoluções modernas.

Alguns projetos notáveis incluem remasterizações não oficiais com texturas atualizadas, ou emuladores com suporte embutido para re-texturização via redes neurais.

Concluimos que o upscaling em retro games vai além de apenas tornar a imagem maior. É um esforço coletivo entre engenheiros, modders e entusiastas para preservar a experiência visual original dos jogos clássicos em um mundo digital moderno. E isso envolve tanto hardware dedicado, como soluções baseadas em software e IA, sempre com o objetivo de manter o equilíbrio entre fidelidade e modernização.

O objetivo deste trabalho é combinar essa tecnologia (aplicada a retro games) com o conceito de automatização e programação, para que esse sistema possa realizar qualquer uma de suas tarefas sem intervenção humana (de maneira mecânica), ou seja, basicamente 100% controlado via comandos de voz ou remotamente via telefone celular.

Haverá uma descrição e esquemática dos componentes utilizados para realizar esse processo nos próximos tópicos (2.3, 2.4, 2.5 e o terceiro tópico completo), porém de maneira sintetizada, é basicamente a utilização de um “Switch SCART” de 8 para 1 (dispositivo comutador de vídeo e áudio analógico – 8 entradas e 1 saída), conectado a um microcontrolador Arduino em paralelo, funcionando como uma “chave de controle” para ligar o sistema desejado. Pelo microcontrolador também será possível desenvolver um sistema de comando de voz como entrada de sinal para o projeto, sendo ele executado por Alexa por exemplo (linha de código de reconhecimento por voz será compatível como outros sistemas de comando de automação, não somente a Alexa).

A sua principal (e talvez a sua maior) aplicação de upscaling, sem ser no ambiente de retro games é no ambiente médico.

Conforme Rhodes (2022) sistemas de upscaling são aplicados para melhorar a qualidade e resolução de imagens diagnósticas obtidas por equipamentos como ultrassom, ressonância magnética, tomografia e raio-x. O objetivo é tornar estruturas anatômicas mais nítidas, facilitando diagnósticos precisos, sem a necessidade de aumentar a dose de radiação ou o tempo de exame.

Tem como principais aplicações em Ultrassom, com aprimoramento em tempo real para melhor visualização de órgãos e tecidos, Mamografia, gerando aumento da resolução para identificar microcalcificações e lesões precoces e Tomografia/Ressonâncias que o sistema consegue fazer uma reconstrução de imagem em alta resolução e menos ruído.

Para que isso seja possível na medicina, o sistema de upscaling tem que utilizar técnicas como: interpolação (bilinear, bicúbica) que é um método clássico para ampliar imagens com suavização, transformadas matemáticas (ex: Wavelet) que realça contrastes e detalhes finos e pôr fim a super-resolução com IA que está relacionada ao uso de redes neurais (como CNNs e GANs) para gerar versões de alta definição a partir de imagens de baixa resolução.

Como se todos esses ganhos não fossem o bastante, outras vantagens na área médica são as melhoras diagnósticas sem aumentar a exposição ao paciente, menor custo devido ao reaproveitamento de equipamentos existentes ou até mesmo equipamentos antigos, e não menos importante, a integração com o PACS (sistema de arquivamento de imagens médicas).

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Sistema de Upscaling

Upscaling é uma tecnologia que parece mágica, mas na verdade é pura engenharia digital. Trata-se do processo de pegar um conteúdo em resolução menor, como um vídeo em 1080p (Full HD), e ajustá-lo para preencher uma tela de resolução maior, como 4K ou até 8K.

Mas calma, isso não significa que os detalhes originais do vídeo aparecem do nada. A tecnologia “preenche as lacunas” entre os pixels usando cálculos avançados para criar a ilusão de mais definição (Bonato, 2024).

De modo geral o sistema de upscaling analisa lacunas existentes graças ao aumento de resolução devido ao dispositivo de saída, tipo uma TV 4K ou 8K, o upscaling age como um programa onde é responsável por preencher de forma extremamente fiel e precisa esses “espaços em branco”.

De maneira lógica, ele performa cálculos em cima de pixels e informações já existentes na imagem, com base nesses parâmetros ocorre o preenchimento posterior, assim, gerando uma saída sem nenhum vestígio de erros provenientes a baixa resolução.

E como ela faz isso? Com algoritmos minuciosamente calculados e projetados, que analisam os pixels disponíveis e “adivinham” o que deveria preencher os espaços vazios.

Funciona assim: cada pixel do vídeo original é examinado em relação aos seus vizinhos. A tecnologia, então, interpola (um termo técnico para “preencher as lacunas”) novos pixels, criando uma transição suave de cores e formas entre os existentes.

Por exemplo, entre dois pixels claros, o upscaling pode inserir um pixel intermediário de tom mais suave, mantendo a naturalidade da imagem, como podemos observar logo abaixo no quadro de interpolação:

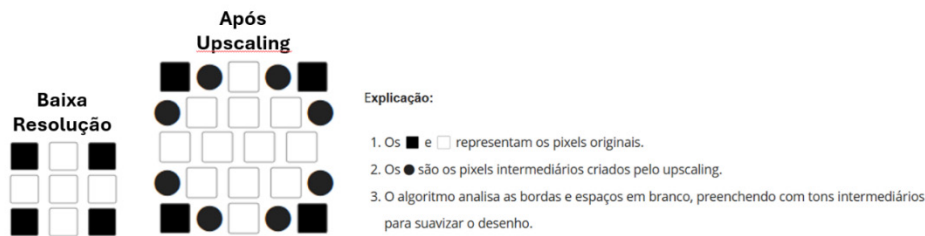
**Quadro 1 – Parâmetros de Interpolação.**

Pixel Original	Interpolação (Upscaling)	Pixel Resultante
Azul Claro	Interpolação de cores	Azul Suave
Verde Escuro	Interpolação de tons	Verde Médio
Vermelho Brilhante	Análise e ajuste de borda	Vermelho Suave

**Fonte: Bonato, 2024.**

De maneira didática, temos um diagrama de como funciona um sistema de upscaling, conforme mostra a figura 1 a seguir, onde podemos observar de forma simples esse processo de preenchimento de lacunas:

**Figura 1 – Visão simplificada do preenchimento de pixels;**



Fonte: Bonato, 2024.

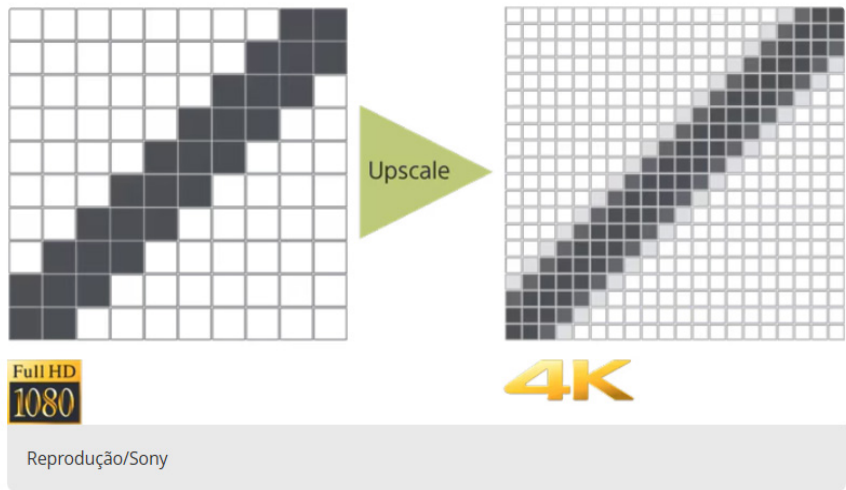
### Inteligência Artificial em Sistemas de Upscaling

“Sim, a inteligência artificial (IA) tem o potencial de levar o upscaling para um nível superior, mas isso depende de como ela é implementada.

Diferente do upscaling tradicional, que trabalha com cálculos simples para preencher os espaços entre os pixels, a IA utiliza aprendizado de máquina para entender melhor os padrões e recriar detalhes de forma mais realista” (Bonato, 2024).

Ao que se vê na figura 2 a seguir, o preenchimento de lacunas com o auxílio de uma IA:

**Figura 2 - Esquemática de preenchimento de pixels via IA.**



Fonte: Bonato, 2024.

Por exemplo, imagine que sua TV está exibindo um vídeo de um campo gramado. O upscaling convencional simplesmente “deduz” os tons de verde entre os pixels, criando uma transição suave.

A IA, por outro lado, já foi “treinada” com milhares de imagens de gramados reais. Tal dedução possibilita que ela preencha os detalhes não só com cores, como também com texturas e formas que tornam a imagem muito mais fiel.

## Placa GBS Control

O GBS-Control é um projeto *open-source* que transforma uma placa de vídeo composta por um conversor GBS-8200/8220 (muito usada para fliperamas antigos e outras fontes analógicas) em um upscaler de vídeo de alta qualidade para consoles e sistemas retrô.

GBS-Control é um firmware alternativo que você instala em placas GBS-8200 ou GBS-8220, que são originalmente projetadas para converter sinal analógico RGB (como de fliperamas ou consoles antigos) para VGA. O problema dessas placas “de fábrica” é que o processamento de imagem é ruim, com baixa qualidade e input lag.

O GBS-Control entra em cena como um upgrade gratuito, feito pela comunidade, que melhora drasticamente a qualidade de imagem (sem tearing e sem artefatos), redução do input lag, controle total via interface web (Wi-Fi), melhor compatibilidade com resoluções de entrada (como 240p, 480i e 480p) e suporte total a cabos como: SCART, RGBS, YPbPr (com mods).

Hoje em dia também, essa placa já possui versões modificadas oficiais que apresentam a saída direta em HDMI, não apenas o VGA.

Ela também conta com muitas alternativas do mercado chinês, onde Podemos obter um ganho vantajoso no quesito custo-benefício, porém, temos uma perda quanto a interface de usuário e a interface para configuração dela que acaba sendo um pouco mais “problemática” nas versões chinesas.

Segue o quadro 2 comparando a GBS Control com as duas alternativas pioneiras e mais conhecidas do mercado:

**Quadro 2 – Comparativo de placas de Upscaling;**

Recurso	GBS-Control	OSSC	Framemeister
Latência	Muito baixa	Baixíssima	Baixa
Preço	Muito acessível	Moderado/Alto	Alto
Entradas	RGB, YPbPr	RGB, YPbPr	Composto, S-Video, RGB
Saída	VGA (ou HDMI com mod)	HDMI	HDMI
Complexidade	Requer mod leve	Plug & play	Plug & play

**Fonte: Marcolino, 2020.**

**Figura 3 – Placa GBS Control (Games Care);**

Fonte: Santana, 2020. RGB INSIDE: <https://medium.com/rgb-inside/gbs-8200-gbs-control-teste-de-downscale-75d48b9fe57e>

## Placa Switch SCART

Uma placa switch SCART (ou comutador SCART) é um dispositivo que permite conectar vários aparelhos com saída SCART (como consoles retrô, DVD players, VCRs etc.) em uma única entrada SCART de TV ou upscaler (como OSSC, Framemeister ou GBS-Control).

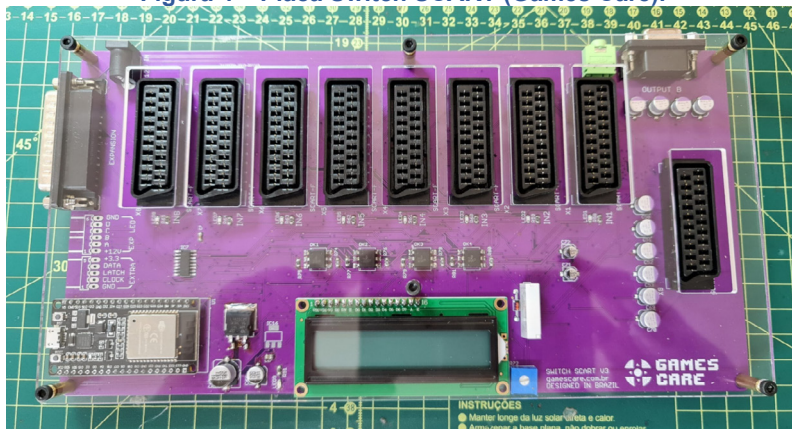
Basicamente ela funciona para multiplicar a quantidade de entradas possíveis, mantendo uma ou no máximo duas saídas.

Ela é fisicamente operada via chaveamento que acionados mecanicamente em sua maioria, com algumas no mercado já sendo operadas via conexão remota, como telefones celulares (Smartphones).

Porém a se dizer do projeto, não necessariamente será utilizada a que já vem com o sistema pronto para ser operado de maneira “inteligente” pelo motivo da diferença de preço (essa versão sairia mais cara), também por estarmos utilizando microcontroladores para controlar a lógica, o que já podemos acrescentar um acionamento via comando de voz (por exemplo).

No projeto utilizaremos uma configuração 8 para 1 ou 8 para 2, com seleção automática (O Switch detecta qual aparelho está ligado e seleciona o canal equivalente sozinho).



**Figura 4 – Placa Switch SCART (Games Care).**

Fonte: Games Care BR: <https://gamescare.com.br/produto/switch-scart-8-in-2-out-versao-3-0-smart/>.

## Plataforma Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que tem se destacado amplamente no ensino, na pesquisa e no desenvolvimento de projetos em áreas como automação, robótica, Internet das Coisas (IoT) e sistemas embarcados. Seu sucesso se deve à combinação de um hardware acessível com uma linguagem de programação simplificada, baseada em C/C++, que facilita a curva de aprendizado mesmo para iniciantes. Dentre os diversos modelos disponíveis, destacam-se o Arduino UNO R3 e o Arduino Nano, dois dos mais populares e versáteis da família Arduino.

O Arduino UNO R3 é considerado o modelo clássico da plataforma, amplamente utilizado como ponto de partida para estudantes e desenvolvedores. Equipado com o microcontrolador ATmega328P, possui 14 pinos digitais (sendo 6 com funcionalidade PWM), 6 entradas analógicas, interface USB tipo B para alimentação e programação, e alimentação externa entre 7V e 12V. Sua estrutura robusta e disposição de pinos padronizada facilita a utilização de shields — placas adicionais que se encaixam diretamente sobre o UNO para adicionar funcionalidades como conectividade Wi-Fi, controle de motores, ou leitura de sensores. Por ser maior e mais resistente, é ideal para protótipos em bancada, especialmente em ambientes de ensino.

Por outro lado, o Arduino Nano é uma versão compacta que oferece praticamente os mesmos recursos do UNO, incluindo o mesmo microcontrolador ATmega328P. No entanto, o Nano é significativamente menor e utiliza uma conexão USB mini-B, sendo ideal para projetos portáteis ou que necessitem de montagem em protoboards. Além das 14 entradas e saídas digitais (com 6 PWM), o Nano se destaca por possuir 8 entradas analógicas, duas a mais que o UNO. Sua estrutura permite que seja soldado diretamente a placas de circuito impresso, o que o torna excelente para aplicações embarcadas, onde espaço e eficiência são fundamentais.

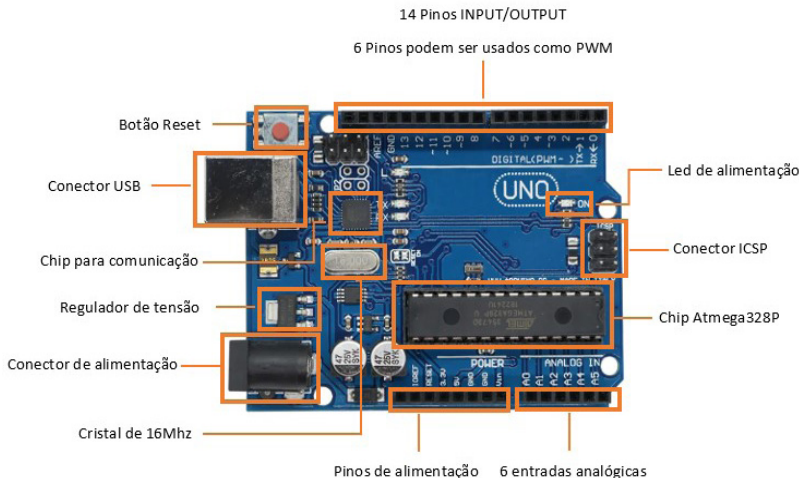


Ambas as placas são programadas pela mesma IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) da Arduino, e compartilham bibliotecas, exemplos e grande parte da documentação disponível. A escolha entre UNO e Nano geralmente depende das necessidades do projeto: enquanto o UNO é mais indicado para testes rápidos, aprendizado e uso com módulos externos, o Nano é preferido quando se busca um design compacto e discreto.

Em resumo, tanto o Arduino UNO R3 quanto o Arduino Nano são ferramentas extremamente poderosas, cada uma com suas vantagens particulares. Entender suas diferenças e características permite aos desenvolvedores, selecionar a melhor opção para seu projeto, equilibrando espaço físico, praticidade e recursos disponíveis.

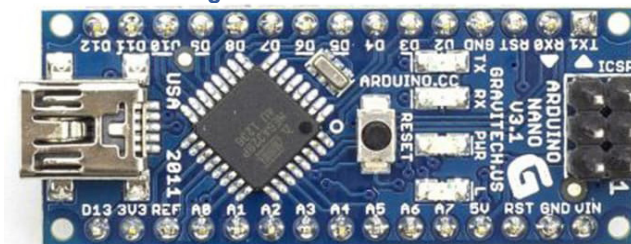
Para o projeto foi constatado que tanto o UNO R3 quanto o Arduino Nano, serão excelentes escolhas pelo fato de serem dois dos mais populares e, pela robustez de entradas, assim, permitindo criar/programar as lógicas necessárias para funcionamento automatizado, remoto e prático do sistema.

**Figura 5 – Arduino UNO R3.**



Fonte: STA Tecnologia: <https://medium.com/rgb-inside/gbs-8200-gbs-control-teste-de-downscale-75d48b9fe57e>.

**Figura 6 – Arduino Nano.**



Fonte: RS Delivers: <https://br.rsdelivers.com/product/arduino/a000005/arduino-nano-development-board/6961667>.

**Quadro 3 – Cronograma de Trabalho de Conclusão de Curso / 2025.**

ATIVIDADES	MESES											
	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Definição do Projeto;	X	X										
Definição do orientador e entrega do termo de compromisso;			X									
Seleção Análise Bibliográfica;			X									
Tratamento, apresentação de dados e introdução do TCC;			X									
Testes pré-operacionais e análise dos dados;				X								
Levantamento de dados obtidos nos testes em relatório;				X								
Elaboração de lista de peças e materiais;					X							
Aquisição de componentes;					X							
Primeira montagem de componentes em bancada;						X						
Teste operacional;						X						
Análise de dados e correção de erros;						X						
Definição de layout e montagem definitiva;							X					
Pré-finalização do artigo;							X	X	X			
Entrega do termo de autorização para defesa pública;										X		
Entrega do arquivo com o resultado do detector de plágio e do artigo para a defesa – banca;										X		
Defesa do TCC e revisão para entrega final;										X	X	

ATIVIDADES	MESES											
	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Entrega do TCC, artigo final e documentos   termos para conclusão da disciplina;											X	

Fonte: autoria própria.

## DESENVOLVIMENTO

A seguir são apresentadas as principais fases da pesquisa a ser desenvolvida:

### Primeira Fase: Conceitos iniciais

- Desenvolvimento de esquema de ligação de componentes, tabela de conexão, levantamento de materiais em mãos e os que ainda serão necessários realizar a compra;
- Criação de lista de peças e materiais;

### Segunda Fase: Pré Montagem

- Instalação de equipamentos (excluindo os relacionados a lógica e programação);
- Montagem em bancada e teste individual de cada sistema (consoles, televisão ou televisões, GBS control, Switch SCART, cabos em geral etc.);

### Terceira Fase: Troubleshooting, medidas e tratativas

- Para eventuais erros, pesquisa de pane, análise e tratativas com o fim de eliminar o erro no projeto como um todo;
- Garantir que todos os sistemas de entradas estejam funcionais;
- Realização do primeiro mini relatório funcional de registro;

### Quarta Fase: Lógica e Programação

- Desenvolvimento da parte “inteligente” do projeto, ou seja, de sua lógica de funcionamento;
- Tal fase será responsável por realizar todas as interfaces de funcionamento do projeto, de maneira 100% automática e remota, a mais simples e intuitiva possível;
- Análise de linha de programação e testes em simuladores de programação de Arduinos;

### Quinta Fase: Teste Lógico

- Testes em geral das linhas de programação, do algoritmo e derivados, utilizando softwares de simulação e execução;
- Levantamento e organização para solução de eventuais erros;

### Sexta Fase: Troubleshooting Lógico

- Pesquisa de pane e análise de falhas;
- Fase responsável por garantir integralmente o funcionamento da parte “lógica”, inteligente e sistêmica do projeto;
- Realização do segundo mini relatório funcional de registro;

### Sétima Fase: Integração de Sistemas

- Responsável por integrar ou “unir” tanto a parte de componentes e equipamentos que formam nossas entradas e foram montadas inicialmente, com a parte lógica desenvolvida em programação, fazendo tudo isso funcionar em harmonia;
- Realização do terceiro mini relatório de registro;

### Oitava Fase: Definição e montagem de layout de exposição

- Definição de um layout de exibição/exposição do TCC como um todo, onde seja possível exibir por completo toda sua parte estrutural de funcionamento e de lógica;
- Confecção e montagem do layout de exibição/exposição;

### Nona Fase: Relatório funcional final, ensaio e conclusão do projeto

- Realização do relatório funcional final, completo com os três minis relatórios presentes nele, relatório esse para controle pessoal de parâmetros do projeto;
- Testes finais com o Projeto 100% montado e executado conforme planejado, já presente no seu layout de exposição e operacional, ensaios de exibição e conclusão do TCC;

## RESULTADOS

A implementação teórica do sistema de upscaling proposto, composto por uma placa “GBS-Control”, uma “Switch SCART” e oito consoles de videogame clássicos conectados a um televisor de resolução 4K, apresentou resultados promissores em termos de qualidade de imagem e integração.

Mesmo em simulação, observou-se que a placa “GBS-Control”, ao realizar o upscaling de sinais analógicos para 1080p ou 4K, possibilita significativa redução de ruídos e melhora de nitidez, preservando a taxa de quadros original dos consoles. A “Switch SCART” garantiu a comutação estável entre as diferentes fontes, permitindo a seleção rápida de cada console sem perda de sincronismo ou necessidade de reconfiguração manual.

O controle automatizado via Arduino associado à “Amazon Alexa”, mostrou-se viável para gerenciar tanto a seleção das entradas quanto o acionamento do sistema, possibilitando comandos de voz para ligar/desligar os videogames, alternar entre eles e ajustar perfis de imagem. Essa integração indicou potencial de alta usabilidade e comodidade, transformando um processo tradicionalmente manual em uma experiência fluida e acessível. Entre os pontos de destaque estão a baixa latência percebida durante a troca de consoles, a manutenção da fidelidade cromática após o upscaling e a centralização de todos os dispositivos em um único ponto de controle.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto demonstrou a viabilidade de um sistema completo de upscaling voltado a consoles retrô, aliado à automação residencial e controle por voz. A proposta respondeu à questão central da pesquisa: “Como oferecer uma experiência moderna e prática para consoles antigos em televisores atuais sem comprometer a autenticidade visual e a facilidade de uso?” Framemeister – Como Melhorar a Imagem de Jogos Antigos. [S. l.: s. n.], 2017. 1 vídeo (31 min). Publicado pelo canal Velberan. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=bOifpn1pZ98>>. Acesso em: 13 set. 2025. A resposta a esse questionamento, só foi possível ao mostrar que a combinação “GBS-Control”, “Switch SCART”, “Arduino” e “Amazon Alexa” atende simultaneamente aos requisitos de qualidade de imagem, conveniência e preservação da jogabilidade clássica.

Em comparação com soluções existentes descritas na literatura, que geralmente envolvem “scalers” dedicados de alto custo (como o próprio “Framemeister”) ou configurações complexas de HTPC, o sistema sugerido destaca-se pelo menor custo, flexibilidade e pela integração com assistentes virtuais. Como desvantagens, apontam-se a necessidade de calibração inicial detalhada e a dependência de rede estável para o uso de comandos de voz.

Os potenciais aplicações incluem centros de entretenimento doméstico, eventos de retrogaming e espaços de preservação de jogos eletrônicos (lembrando sempre a sua aplicabilidade em ambientes onde necessita-se de Acessibilidade e, ambientes hospitalares). Para pesquisas futuras, recomenda-se a implementação prática do protótipo, estudos de latência comparativa com “scalers” profissionais e a avaliação do sistema em cenários com múltiplos usuários ou redes sem fio congestionadas.

Como considerações finais, a análise de viabilidade mostrou que é possível obter alta qualidade de imagem, baixo atraso e controle centralizado por voz,

atendendo às demandas de praticidade e preservação do legado dos videogames. Em comparação com equipamentos comerciais de alto custo, a proposta se destaca pela flexibilidade e possibilidade de personalização, embora dependa de uma calibração cuidadosa e de conectividade estável para a automação.

## REFERÊNCIAS

BONATO, Gustavo. **O que é e como funciona o upscaling nas TVs?**. Mundo Conectado, 13 nov. 2024. Disponível em: <https://www.mundoconectado.com.br>. Acesso em 13 abr. 2025.

EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HOCHENBAUM, Jordan. **Arduino em Ação. 1. Ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2013. 424p.** Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=tig0CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=arduino+em+a%C3%A7%C3%A3o&ots=mTiqdfZx3N&sig=plRQ5Eds2BUdsLonSztpuVJG0s8#v=onepage&q&f=true>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GAMES CARE. **Informação sobre compra da Placa GBS Control.** 2025. Disponível em: <https://gamescare.com.br/produto/gbs-control-gamescare-scanner-1080p/>. Acesso em: 04 jul. 2025.

LEMES, Daniel. **Introdução ao upscaling: consoles antigos em TVs modernas.** Memória BIT, 27 ago. 2015. Disponível em: <https://www.memoriabit.com.br/introducao-ao-upscaling-consoles-antigos-em-tvs-modernas/>. Acesso em: 03 abr. 2025.

MUNHOZ, Vinicius. **Checkerboarding, upscaling e 4K nativo: afinal, o que é cada um deles?**. TecMundo, 11 ago. 2019. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/produto/126562-checkerboarding-upscaling-4k-nativo-cada-deles.htm>. Acesso em: 05 abr. 2025.

RHODES, Craig. **Do Código à Clínica, a Tecnologia do Hospital Inteligente Aumenta a Eficiência e a Sustentabilidade na Medicina.** Blog NVIDIA, 30 nov. 2022. Disponível em: <https://blog.nvidia.com.br/blog/tecnologia-do-hospital-inteligente-aumenta-a-eficiencia-e-a-sustentabilidade/>. Acesso em: 04 jun. 2025.

SANTANA, Fabio. **GBS 8200 + GBS Control: Teste de Downscale [Versão em Português]**. RGB Inside, 01 ago. 2020. Disponível em: <https://medium.com/rgb-inside/gbs-8200-gbs-control-teste-de-downscale-75d48b9fe57e>. Acesso em 15 abr. 2025.

THOMPSON, Tommy. **How AI upscaling can help remaster game art. Game Developer, 01 set. 2021.** Disponível em: <https://www.gamedeveloper.com/>. Acesso em: 05 abr. 2025.

VENINO, Eddy. **IA transforma imagens de jogos antigos em versões com gráficos realistas.** Adrenaline, 19 dez. 2023. Disponível em: <https://www.adrenaline.com.br/ia/ia-imagens-de-jogos-versoes-graficos-realistas/>. Acesso em 16 abr. 2025.