

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

André Filipe da Silva Fernandes

**Método para Controle de Taxa Alvo na Compressão de Light Fields Seguindo o  
Padrão JPEG Pleno Parte 2 – 4DTM**

Florianópolis  
1 de dezembro de 2022



André Filipe da Silva Fernandes

## **Método para Controle de Taxa Alvo na Compressão de Light Fields Seguindo o Padrão JPEG Pleno Parte 2 – 4DTM**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Graduação em Ciência da Computação do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Ismael Seidel, Dr.

Florianópolis

1 de dezembro de 2022



**FOLHA DE APROVAÇÃO DE PROPOSTA DE TCC**

<b>Acadêmico</b>	André Filipe da Silva Fernandes
<b>Título do trabalho</b>	Método para Controle de Taxa Alvo na Compressão de Light Fields Seguindo o Padrão JPEG Pleno Parte 2 – 4DTM
<b>Curso</b>	Ciência da Computação/INE/UFSC
<b>Área de Concentração</b>	Hardware

**Instruções para preenchimento pelo ORIENTADOR DO TRABALHO:**

- Para cada critério avaliado, assinale um X na coluna SIM apenas se considerado aprovado. Caso contrário, indique as alterações necessárias na coluna Observação.

Critérios	Aprovado				Observação
	Sim	Parcial	Não	Não se aplica	
1. O trabalho é adequado para um TCC no CCO/SIN (relevância/abrangência)?					
2. O título do trabalho é adequado?					
3. O tema de pesquisa está claramente descrito?					
4. O problema/hipóteses de pesquisa do trabalho está claramente identificado?					
5. A relevância da pesquisa é justificada?					
6. Os objetivos descrevem completa e claramente o que se pretende alcançar neste trabalho?					
7. É definido o método a ser adotado no trabalho? O método condiz com os objetivos e é adequado para um TCC?					
8. Foi definido um cronograma coerente com o método definido (indicando todas as atividades) e com as datas das entregas (p.ex. Projeto I, II, Defesa)?					
9. Foram identificados custos relativos à execução deste trabalho (se houver)? Haverá financiamento para estes custos?					
10. Foram identificados todos os envolvidos neste trabalho?					
11. As formas de comunicação foram definidas (ex: horários para orientação)?					
12. Riscos potenciais que podem causar desvios do plano foram identificados?					
13. Caso o TCC envolva a produção de um software ou outro tipo de produto e seja desenvolvido também como uma atividade realizada numa empresa ou laboratório, consta da proposta uma declaração (Anexo 3) de ciência e concordância com a entrega do código fonte e/ou documentação produzidos?					

<b>Avaliação</b>	<input type="checkbox"/> <b>Aprovado</b>	<input type="checkbox"/> <b>Não Aprovado</b>
<b>Professor Responsável</b>	Prof. Ismael Seidel, Dr.	1/12/2022



## RESUMO

Em algoritmos de compressão de dados com perdas existe uma necessidade natural de balanceamento da taxa de compressão com a taxa de distorção, pois taxas de compressão muito elevadas produzem arquivos de má qualidade, enquanto taxas de compressão muito baixas proporcionam arquivos de tamanhos impraticáveis. A parte 2 do padrão JPEG Pleno, que é dedicada à codificação de lightfields, possui um modo de transformadas 4D que utiliza um multiplicador Lagrangiano para realizar este balanceamento (ALVES et al., 2020). O problema de se utilizar o multiplicador Lagrangiano para este fim é a dificuldade em estimar o tamanho dos dados de saída, e portanto escolher os parâmetros de maneira adequada. Este trabalho propõe um algoritmo capaz de otimizar a taxa de distorção baseando-se em uma taxa alvo de bits, e a implementação deste algoritmo na parte 2 do software de referência do padrão JPEG Pleno para o modo de transformadas 4D.

**Palavras-chave:** Lightfields. JPEG Pleno. Compressão de dados. Problema da taxa alvo.





## SUMÁRIO

<b>FOLHA DE APROVAÇÃO DE PROPOSTA DE TCC</b>		<b>3</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
1.2	MÉTODO DE PESQUISA	10
1.3	CRONOGRAMA	11
1.4	CUSTOS	11
1.5	RECURSOS HUMANOS	12
1.6	COMUNICAÇÃO	12
1.7	RISCOS	13
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>15</b>
	<b>ANEXO A – DECLARAÇÃO PADRÃO PARA EMPRESA OU LABORATÓ- RIO</b>	<b>17</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Light fields são uma nova tecnologia de representação de imagens, capaz de retratar simultaneamente a intensidade e o ângulo de raios de luz incidentes em cada ponto de um plano, superando assim, limitantes de tecnologias mais tradicionais como fotografias e vídeos. Deste modo, light fields proporcionam algumas funcionalidades novas perante estes paradigmas já estabelecido, como a capacidade de simular o efeito paralax através de tipos especiais de telas, permitindo uma experiência mais natural e imersiva do que no cinema 3D tradicional. Também é possível extrair profundidade de campo de lightfields com certa facilidade, realizar pequenas alterações de perspectiva e até alterar o foco da imagem em etapas de pós processamento (CONCEIÇÃO, 2017).

Assim como em outras modalidades de imagens, a representação de light fields em sua forma bruta exige uma quantidade impraticavelmente grande de memória para armazenamento, tornando desejável o uso de técnicas de compressão, especialmente devido à natureza quadridimensional destes dados que codificam cada ponto da imagem como uma quádrupla de coeficientes  $(u, v, s, t)$  (ALVES et al., 2020), representando respectivamente as coordenadas horizontais, verticais, ângulo de incidência perpendicular ao eixo horizontal e ângulo de incidência perpendicular ao eixo vertical. Neste contexto foi criado o grupo JPEG Pleno com a intenção de estabelecer padrões para codificação e representação de light fields e de outras imagens plenópticas, como *point clouds* e hologramas. Até o momento o padrão inclui dois modos para codificar light fields: 4D-Transform mode, que é baseado na transformada discreta de cosseno em 4 dimensões - *4 dimensional discrete cosine transform* (4D-DCT); e 4D-Prediction mode que é um modelo preditivo, capaz de gerar estágios intermediários de partes da imagem baseado no seu contexto.

O modo de transformada 4D, no qual este trabalho se concentra, particiona a imagem em blocos quadridimensionais não sobrepostos, limitados por um tamanho máximo configurável. Com estes blocos criados, é possível dividi-los recursivamente em até 16 blocos menores, seguindo algum critério de taxa de distorção (preferencialmente concentrando mais blocos em partes mais detalhadas da imagem) de forma que o custo Lagrangiano seja minimizado, conforme definido na equação 1.1, onde  $J$  é o custo Lagrangiano,  $D$  é o quadrado do erro em relação ao original e  $R$  é a taxa de codificação. A forma como estes blocos foram divididos é modelada como uma *hexadecatree* e codificada em um bitplane, para possibilitar a reconstrução posterior da imagem, visto que eles passarão por uma 4D-DCT (ALVES et al., 2020).

$$J = D + \lambda R \quad (1.1)$$

O problema da taxa alvo, neste contexto, é a necessidade de fazer com que os dados de saída

possuam um tamanho próximo a uma taxa previamente especificada. Ter este controle do tamanho dos dados após comprimidos é uma característica útil para *codecs*, especialmente se utilizados em aplicações de *streaming*, por exemplo, onde é necessário controlar precisamente a vazão dos dados de acordo com a capacidade da rede. A utilização de um custo Lagrangiano para o particionamento dos blocos torna difícil a tarefa de estimar a taxa alvo através dos parâmetros de entrada, por isso o presente trabalho resolve este problema modificando o algoritmo de particionamento para que ele se limite a um tamanho fixo de saída que será passado como parâmetro de entrada, dispensando o uso do operador Lagrangiano e facilitando a operação do codec para usuários ou outras aplicações.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é criar um método capaz de controlar a otimização de taxa-distorção de um codificador de light fields através de transformadas 4D compatível com a norma ISO/IEC 21794-2 (JPEG Pleno Parte 2), tal que seja possível atingir uma taxa-alvo (bits por pixel) com pouca redução de qualidade objetiva.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar que o algoritmo proposto atinge a taxa alvo conforme o esperado.
- Manter a eficiência de codificação do algoritmo proposto próxima ou melhor à do algoritmo original.
- Avaliar o desempenho, em termos de tempo de codificação, do novo algoritmo em relação ao algoritmo original.
- Melhorar o desempenho, em termos de tempo de codificação, do software de referência do JPEG Pleno.

## 1.2 MÉTODO DE PESQUISA

No início do projeto será feito o estudo da base de código do software de referência do JPEG Pleno, bem como a leitura de trabalhos correlatos ao tema proposto, visando conhecer técnicas empregadas especialmente em codecs de imagem e vídeo e que podem ser utilizadas no desenvolvimento deste

trabalho. A partir do conhecimento adquirido através deste estudo, o algoritmo proposto será implementado no software de referência do JPEG Pleno (JPLM) <sup>1</sup>. A linguagem utilizada será C++17. Assim que o algoritmo estiver funcional serão feitas as comparações de qualidade e desempenho com o modelo original, conforme estabelecido pelas Common Test Conditions (CTC) (PEREIRA et al., 2019) definidas para o padrão. As comparações de qualidade serão feitas através da Relação Sinal-Ruído de Pico - *Peak signal to noise ratio* (PSNR), o desempenho será medido em tempo de execução e a eficiência da codificação através de curvas de *Rate Distortion* (RD).

### 1.3 CRONOGRAMA

Etapas	2023									
	jan	fev	mar	abr	mai	ago	set	out	nov	dez
Desenvolvimento da solução										
Relatório projeto I										
Rascunho projeto II										
Defesa										
Ajustes e envio Final										

### 1.4 CUSTOS

Este projeto fará uso da infraestrutura disponível do Laboratório de Computação Embarcada do Departamento de Informática e Estatística de UFSC (ECL/UFSC). Logo, o custo relativo ao equipamento é apenas ilustrativo, e não deve ser considerado para o cálculo do custeio real deste trabalho.

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
<b>Material de consumo</b>			
Impressão	200	0,35	70
<b>Outros recursos e serviços</b>			
Notebook	1	4000	4000
Reserva Técnica	1	1000	1000
TOTAL			5020

<sup>1</sup> Disponível publicamente em: <https://gitlab.com/wg1/jpeg-pleno-refsw>.

## 1.5 RECURSOS HUMANOS

Nome	Função
André Fernandes	Autor
Ismael Seidel	Orientador
Renato Cislighi	Coordenador
a definir	Membro da banca I
a definir	Membro da banca II

## 1.6 COMUNICAÇÃO

O que precisa ser comunicado	Por quem	Para quem	Melhor forma de comunicação	Quando e com que frequencia
Ante-Projeto	Autor	Coordenador de Projetos	Por meio do site de projetos	Final de cada semestre
Reuniões com orientadores I	Autor	Orientador, Coorientador	Videoconferência	Semanalmente
Revisão do TCC	Autor	Orientador, Coorientador, membros da banca	Papel impresso e/ou pdf	Próximo da conclusão
Dúvidas	Autor	Orientador, Coorientador, membros da banca ou Coordenador de projetos	Email e/ou Videoconferência	Conforme necessidade

## 1.7 RISCOS

Risco	Probabilidade	Impacto	Prioridade	Estratégia de Resposta	Ações de Prevenção
Perda de dados	baixa	alto	alta	Utilizar ferramenta online de versionamento (GitHub)	Geração de Backups
Problemas de Saúde	baixa	alto	alta	Realizar Tratamento	Manter bons hábitos e ser prudente
Alteração no Tema	média	alto	alta	Buscar novo tema ou modificar escopo atual	Manter interação constante com o orientador
Alteração no Cronograma	média	alto	alta	Realizar as adaptações necessárias	Manter-se dentro do cronograma
Expiração da Licença das ferramentas de síntese e simulação	baixa	médio	alta	Renovar a licença ou substituir a ferramenta de simulação	Manter-se dentro do cronograma
Alteração do cronograma	baixa	médio	média	redefinição do cronograma	não se aplica





## REFERÊNCIAS

ALVES, G. D. O. et al. The JPEG pleno light field coding standard 4d-transform mode: How to design an efficient 4d-native codec. **IEEE Access**, v. 8, p. 170807–170829, 2020.

CONCEIÇÃO, R. A. da. **A Survey of Light-field Coding: Concepts and State-of-the-art Literature Review**. 2017. Exame de qualificação de doutorado.

PEREIRA, F. et al. **JPEG Pleno Light Field Coding Common Test Conditions V3.3**. 2019. Doc. ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1 N84049, 84th JPEG Meeting, Brussels, Belgium. Disponível em: <https://jpeg.org/jpegpleno/documentation.html>.

PERRA, C. et al. An overview of the emerging JPEG Pleno standard, conformance testing and reference software. In: SCHELKENS, P.; KOZACKI, T. (Ed.). **Optics, Photonics and Digital Technologies for Imaging Applications VI**. SPIE, 2020. v. 11353, p. 207 – 219. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.2555841>.



## **ANEXO A – DECLARAÇÃO PADRÃO PARA EMPRESA OU LABORATÓRIO**

### **DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA COM AS CONDIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO TCC NA INSTITUIÇÃO**

Declaro estar ciente das premissas para a realização de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) de Ciência da Computação e Sistema de Informações da UFSC, particularmente da necessidade de que se o TCC envolver o desenvolvimento de um software ou produto específico (ex: um protocolo, um método computacional, etc.) o código fonte e/ou documentação completa correspondente deverá ser entregue integralmente, como parte integrante do relatório final do TCC.

Ciente dessa condição básica, declaro estar de acordo com a realização do TCC identificado pelos dados apresentados a seguir.

<b>Instituição</b>	ECL/INE/CTC
<b>Nome do Responsável</b>	Prof. Ismael Seidel, Dr.
<b>Cargo/Função</b>	Prof. INE/CTC
<b>Fone de Contato</b>	37217511
<b>Acadêmico</b>	André Filipe da Silva Fernandes
<b>Título do trabalho</b>	Método para Controle de Taxa Alvo na Compressão de Light Fields Seguindo o Padrão JPEG Pleno Parte 2 – 4DTM
<b>Curso</b>	Ciência da Computação/INE/UFSC

Florianópolis, 1 de dezembro de 2022.

---

**Responsável**  
Prof. Ismael Seidel, Dr.