

PLANO MUNICIPAL DE



# MACRODRENAGEM

POUSO ALEGRE - MG

## PRODUTO 4 – RELATÓRIO 1: CENÁRIO ATUAL – Parte 2 Versão Oficial

Itajubá, outubro de 2024

## REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Produto 4 – Relatório 1: Cenário atual – Parte 2
Contato	Thais Oliveira Ribeiro
E-mail	thais.o.ribeiro@gmail.com
Líder do projeto	Rafael Barbosa Carreira
Coordenador	Aloísio Caetano Ferreira
Projeto/centro de custo	167/2021
Data do documento	08/10/2024

### *Isenção de Responsabilidade:*

*Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.*

*Este documento foi preparado pela Dac Engenharia com observância das normas técnicas de Itajubá e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Dac Engenharia isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.*

### Coordenação

Aloísio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico e Civil
Nº CREA: MG-97132/D	

### Responsável Técnico

Denis de Souza Silva	Engenheiro Hídrico
Nº CREA: MG-127216/D	

### Elaboração

Rebecca Cacciacarro Ambrósio Glauser
Felipe Guimarães Alexandre
Pedro Henrique Justiniano
William Baradel Lari
Rafael Barbosa Carreira
Bárbara de Almeida Teixeira
Daniel Oliveira Pessoa
Marcela das Chagas Rossato
Patrícia Martins dos Reis
Rodrigo de Paula Oliveira
Regyane Carolina Ribeiro da Costa
Frederico de Souza Nascimento
Isabelle Alcântara da Costa
Luana Brandão da Silva
Luana Castellani Carvalho Francisco
Michele Miranda

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	1
1. MODELAGEM HIDRÁULICA .....	2
1.1. SOFTWARE HEC-RAS.....	2
1.2. SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS.....	3
1.2.1. Bacia do Córrego São Cristóvão .....	5
1.2.2. Bacia do Córrego São Judas Tadeu.....	8
1.2.3. Bacia do Córrego da Remonta .....	19
1.2.4. Bacia do Córrego do Patinho.....	29
1.2.5. Bacia do Ribeirão das Mortes.....	38
1.2.1. Bacia do Ribeirão Pantano .....	51
1.2.2. Bacia do Rio Mandu .....	61
1.2.3. Bacia do Rio Sapucaí Mirim .....	72
1.2.4. Bacia do Rio Sapucaí .....	84
REFERÊNCIAS .....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da metodologia de aplicação dos inputs nos modelos hidráulicos .....	4
Figura 2 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 5.....	6
Figura 3 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 10.....	6
Figura 4 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 25.....	7
Figura 5 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 50.....	7
Figura 6 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 100.....	8
Figura 7 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 5 .....	9
Figura 8 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 5 (Cena 1) .	9
Figura 9 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 5 (Cena 2)	10
Figura 10 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 10 .....	10
Figura 11 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 10 (Cena 1) .....	11
Figura 12 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 10 (Cena 2) .....	11
Figura 13 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 25 .....	12
Figura 14 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 25 (Cena 1) .....	12
Figura 15 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 25 (Cena 2) .....	13
Figura 16 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 50 .....	13
Figura 17 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 50 (Cena 1) .....	14
Figura 18 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 50 (Cena 2) .....	14
Figura 19 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 100 .....	15
Figura 20 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 100 (Cena 1) .....	15
Figura 21 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 100 (Cena 2) .....	16
Figura 22 – Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu (TR 50) .....	18
Figura 23 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 5.....	20
Figura 24 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 5 (Cena 1).20	
Figura 25 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 5 (Cena 2).21	
Figura 26 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 10.....	21
Figura 27 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 10 (Cena 1) .....	22
Figura 28 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 10 (Cena 2) .....	22
Figura 29 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 25.....	23
Figura 30 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 25 (Cena 1) .....	23

Figura 31 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 25 (Cena 2)	24
Figura 32 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 50	24
Figura 33 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 50 (Cena 1)	25
Figura 34 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 50 (Cena 2)	25
Figura 35 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 100	26
Figura 36 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 100 (Cena 1)	26
Figura 37 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 100 (Cena 2)	27
Figura 38 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego da Remonta (TR 50)	28
Figura 39 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego da Remonta (TR 50) – Continuação	29
Figura 40 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 5	30
Figura 41 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 5 (Cena 1)	30
Figura 42 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 5 (Cena 2)	31
Figura 43 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 10	31
Figura 44 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 10 (Cena 1)	32
Figura 45 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 10 (Cena 2)	32
Figura 46 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 25	33
Figura 47 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 25 (Cena 1)	33
Figura 48 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 25 (Cena 2)	34
Figura 49 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 50	34
Figura 50 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 50 (Cena 1)	35
Figura 51 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 50 (Cena 2)	35
Figura 52 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 100	36
Figura 53 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 100 (Cena 1)	36
Figura 54 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 100 (Cena 2)	37
Figura 55 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego do Patinho (TR 50)	38
Figura 56 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5	39
Figura 57 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5 (Cena 1)	40
Figura 58 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5 (Cena 2)	40
Figura 59 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5 (Cena 3)	41
Figura 60 – Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR10	41
Figura 61 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 10 (Cena 1)	42
Figura 62 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 10 (Cena 2)	42
Figura 63 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 10 (Cena 3)	43
Figura 64 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25	43
Figura 65 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25 (Cena 1)	44
Figura 66 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25 (Cena 2)	44
Figura 67 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25 (Cena 3)	45
Figura 68 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50	45
Figura 69 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50 (Cena 1)	46
Figura 70 – Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50 (Cena 2)	46

Figura 71 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50 (Cena 3) .....	47
Figura 72 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100 .....	47
Figura 73 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100 (Cena 1) .....	48
Figura 74 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100 (Cena 2) .....	48
Figura 75 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100 (Cena 3) .....	49
Figura 76 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes (TR 50) ..	50
Figura 77 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 5 .....	51
Figura 78 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 5 (Cena 1).....	52
Figura 79 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 5 (Cena 2).....	52
Figura 80 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 10 .....	53
Figura 81 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 10 (Cena 1).....	53
Figura 82 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 10 (Cena 2).....	54
Figura 83 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 25 .....	54
Figura 84 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 25 (Cena 1).....	55
Figura 85 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 25 (Cena 2).....	55
Figura 86 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 50 .....	56
Figura 87 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 50 (Cena 1).....	56
Figura 88 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 50 (Cena 2).....	57
Figura 89 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 100 .....	57
Figura 90 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 100 (Cena 1).....	58
Figura 91 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 100 (Cena 2).....	58
Figura 92 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano (TR 50) .....	60
Figura 93 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 5.....	61
Figura 94 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 5 (Cena 1).....	62
Figura 95 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 5 (Cena 2).....	62
Figura 96 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 10.....	63
Figura 97 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 10 (Cena 1).....	63
Figura 98 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 10 (Cena 2).....	64
Figura 99 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 25.....	64
Figura 100 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 25 (Cena 1).....	65
Figura 101 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 25 (Cena 2).....	65
Figura 102 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 50.....	66
Figura 103 – Mancha de Acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 50 (Cena 1).....	66
Figura 104 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 50 (Cena 2).....	67
Figura 105 – Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 100 .....	67
Figura 106 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 100 (Cena 1) .....	68
Figura 107 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 100 (Cena 2) .....	68
Figura 108 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu (TR 50).....	70
Figura 109 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu (TR 50) – Continuação .....	71
Figura 110 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5.....	72
Figura 111 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5 (Cena 1).....	73
Figura 112 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5 (Cena 2).....	73
Figura 113 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5 (Cena 3).....	74
Figura 114 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10.....	74
Figura 115 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10 (Cena 1).....	75

Figura 116 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10 (Cena 2).....	75
Figura 117 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10 (Cena 3).....	76
Figura 118 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25.....	76
Figura 119 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25 (Cena 1).....	77
Figura 120 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25 (Cena 2).....	77
Figura 121 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25 (Cena 3).....	78
Figura 122 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 50.....	78
Figura 123 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 50 (Cena 1).....	79
Figura 124 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 50 (Cena 2).....	79
Figura 125 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 50 (Cena 3).....	80
Figura 126 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100.....	80
Figura 127 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100 (Cena 1).....	81
Figura 128 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100 (Cena 2).....	81
Figura 129 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100 (Cena 3).....	82
Figura 130 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50)...	83
Figura 131 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50) - Continuação .....	84
Figura 132 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 5.....	85
Figura 133 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 5 (Cena 1).....	85
Figura 134 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 5 (Cena 2).....	86
Figura 135 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 10.....	86
Figura 136 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 10 (Cena 1).....	87
Figura 137 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 10 (Cena 2).....	87
Figura 138 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 25.....	88
Figura 139 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 25 (Cena 1).....	88
Figura 140 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 25 (Cena 2).....	89
Figura 141 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 50.....	89
Figura 142 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 50 (Cena 1).....	90
Figura 143 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 50 (Cena 2).....	90
Figura 144 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 100.....	91
Figura 145 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 100 (Cena 1).....	91
Figura 146 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 100 (Cena 2).....	92
Figura 147 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí (TR 50).....	93
Figura 148 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí (TR 50) - Continuação .....	94

## APRESENTAÇÃO

Este texto aborda a execução do Produto 4.1 – Prognóstico: Cenário Atual para elaboração do Plano de Macrodrenagem do Município de Pouso Alegre (PMDPA), em conformidade com a ordem de serviço nº 197 emitida pela Prefeitura Municipal de Pouso Alegre e a empresa DAC Engenharia Ltda.

A legislação nacional, representada pela Lei Federal nº 11.445/2007 e Lei nº 14.026/2020, abrange a drenagem urbana e manejo de águas pluviais como serviços públicos. No âmbito municipal, a Lei Ordinária nº 5.887/2017 regula a universalização dos serviços de saneamento básico, englobando a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais. Essa legislação destaca a necessidade de programas específicos, projetos, ações e instrumentos para regulamentação, fiscalização, monitoramento e gestão dos serviços.

O presente documento corresponde ao Produto 4 – Prognóstico, precisamente ao relatório 1: Cenário atual. Nele estão contidas as modelagens hidrológicas e hidráulicas construídas de modo a representar a realidade do município. Aqui também é apresentada a metodologia utilizada para projetar o crescimento populacional e a expansão territorial para o ano final de projeto, dados importantes para viabilizar o planejamento integrado das ações, pauta dos produtos subsequentes.

As modelagens hidrológicas e hidráulicas desempenham um papel fundamental em um plano de macrodrenagem, oferecendo uma abordagem analítica e preditiva para o gerenciamento eficiente de águas pluviais em uma região ampla. As simulações hidrológicas permitem a análise do comportamento das chuvas, estimando as vazões e o escoamento superficial em diferentes cenários, enquanto as simulações hidráulicas possibilitam analisar o fluxo da água em sistemas de drenagem, identificando áreas propensas a inundações e auxiliando no dimensionamento adequado de estruturas.

O Produto 4 é composto por duas partes - a primeira contendo as projeções populacionais e territoriais, bem como as simulações hidrológicas - e a segunda, formalizada através do presente documento, onde são apresentados os resultados das modelagens hidráulicas dos principais cursos hídricos de Pouso Alegre.

# 1. MODELAGEM HIDRÁULICA

## 1.1. SOFTWARE HEC-RAS

Para conduzir as simulações hidráulicas, utilizou-se o HEC-RAS, desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (HEC-USACE), assim como o HEC-HMS. Os estudos hidráulicos são realizados com o propósito de compreender o comportamento do escoamento hídrico em uma localidade específica, fornecendo uma base para decisões estratégicas (MERWADE, 2012).

O programa HEC-RAS viabiliza a simulação hidráulica tanto unidimensional quanto bidimensional, abrangendo fluxos constantes e variáveis, para mapear inundações. As informações cruciais para simulações derivam de uma base de dados topográficos, que contém a geometria das seções topobatimétricas, e uma base de dados hidrológicos, que instrui o software com os parâmetros de chuvas e vazões de projeto adotados nos estudos.

O HEC-RAS funciona como uma ferramenta onde o modelo hidráulico é resolvido por meio das equações completas de Saint-Venant, utilizando o método de diferenças finitas, capacitando a simulação do escoamento em superfície livre. Para a simulação do escoamento, esse componente utiliza a solução unidimensional da Equação da Energia. As perdas são calculadas através da Equação de Manning, e a Equação do Momento é empregada em situações com variações extremas na superfície da água.

Com o intuito de cartografar as áreas sujeitas a inundação, o HEC-RAS, a partir dos resultados obtidos nas simulações hidráulicas, delinea a extensão da inundação, empregando as alturas da água. As informações pertinentes às condições de contorno e fluxos são configuradas no próprio programa, onde os parâmetros como escoamento, vazão de projeto, profundidade e declividade são inseridos conforme a situação específica (FERNANDEZ, 2013).

Normalmente, os fluxos são determinados na posição mais a montante de cada rio ou afluente, bem como em junções, sendo cada fluxo representado como um perfil distinto dentro do programa. A análise constante, onde o regime subcrítico é definido, deve ser escolhida pelo usuário conforme os critérios hidráulicos. A utilização do HEC-RAS possibilita a análise de escoamentos, tanto em regime permanente quanto não permanente, além da avaliação da qualidade da água e do movimento de sedimentos (ANA, 2018).

## 1.2. SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS

As análises hidráulicas que compõem a investigação das bacias hidrográficas foram conduzidas por meio do software HEC-RAS. O principal propósito desta fase consiste em, com base nos registros hidrológicos de precipitação e vazão, compreender o comportamento das enchentes em diferentes períodos de recorrência. Para isso, as áreas inundadas são modeladas para cada bacia hidrográfica em Pouso Alegre.

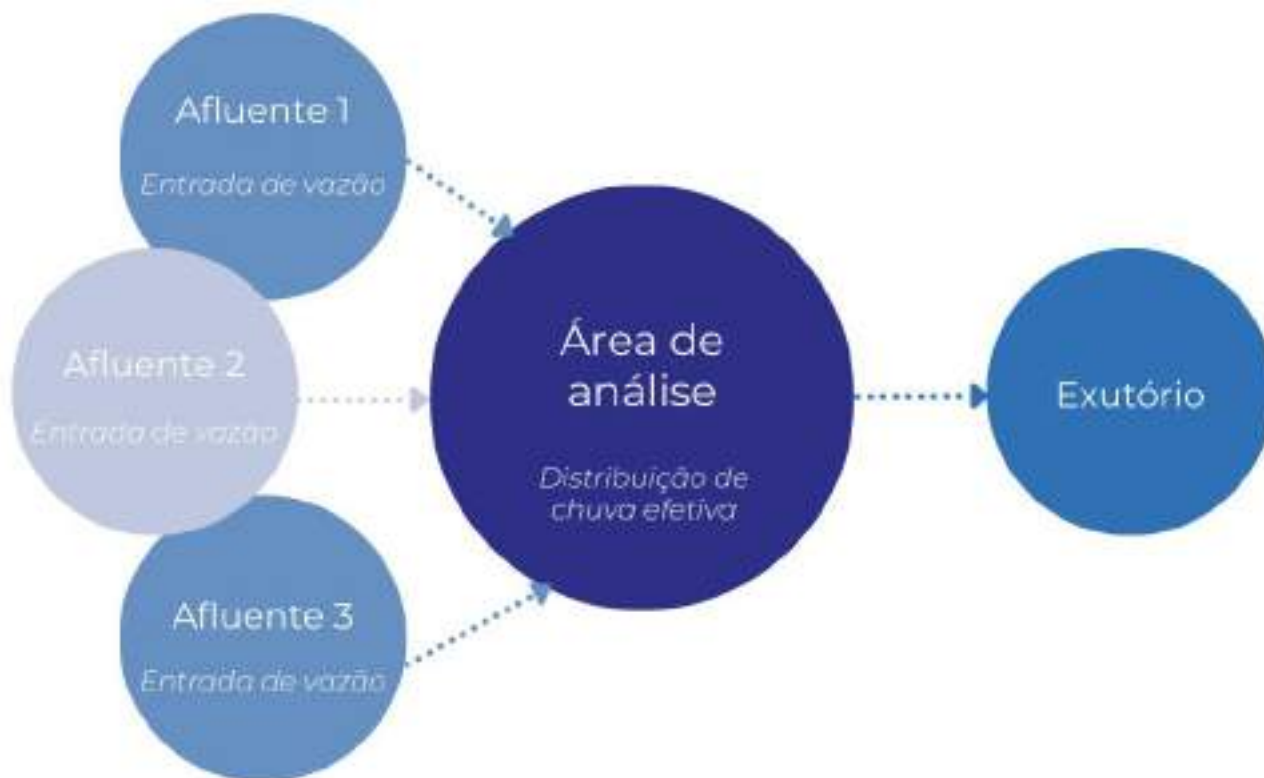
Para criar o ambiente de simulação, empregou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido por meio de um sobrevoo de avião fornecido pela Prefeitura Municipal utilizando a tecnologia de aerofotometria da empresa Geopixel, com uma resolução de 0,30mx0,30m pixels, na área de interesse. Isso foi combinado com um Modelo Digital de Terreno (MDT) do satélite Alos, sensor Palsar, com resolução de 12,5mx12,5m pixels, para cobrir outras partes da bacia. Nas imagens provenientes do satélite, uma técnica de processamento foi aplicada às áreas do canal e suas margens (dentro do próprio HEC-RAS), visando aprimorar a resolução do rio e eliminar possíveis elevações causadas por vegetação, melhorando, assim, a precisão dos resultados.

Além disso, devido às vastas dimensões da área de estudo e à alta resolução das imagens, a escolha foi feita de utilizar um coeficiente de Manning padrão para o terreno, fixado em 0,04 (conforme valores apresentados pela Tabela 1), para otimizar a eficiência das simulações. As simulações hidráulicas que compõem o estudo hidráulico das bacias foram realizadas no software HEC-RAS. O objetivo principal dessa etapa é, a partir dos dados hidrológicos de chuva-vazão, entender, baseado no modelo digital de elevação, o comportamento das cheias nos diferentes tempos de retorno e, para isso, são produzidas as manchas de inundação para cada bacia hidrográfica de Pouso Alegre.

Com os parâmetros de entrada do modelo adequadamente definidos, foi possível executar as simulações hidráulicas e gerar as áreas inundadas para cada uma das bacias hidrográficas nos intervalos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos. Os dados de vazão e precipitação incorporados nas simulações são provenientes dos procedimentos descritos nos itens anteriores deste mesmo produto, objetivando resultados que representem de maneira fidedigna e real a realidade do município.

Importante ressaltar que foram utilizados inputs de vazão para cada um dos afluentes e, na área de interesse de cada uma das bacias, foi aplicada a precipitação efetiva, ou seja, a parcela de chuva que de fato escoou no terreno, descontada o que o solo absorveu, dessa

maneira, o modelo simulado consegue levar em conta não somente a inundação, mas também pontos em que ocorrem alagamento (acúmulo temporário de águas pluviais). Na Figura 1 é apresentado um esquema metodológico da inserção de dados do modelo.



**Figura 1 – Esquema da metodologia de aplicação dos inputs nos modelos hidráulicos**

**Tabela 1 – Coeficientes de Manning**

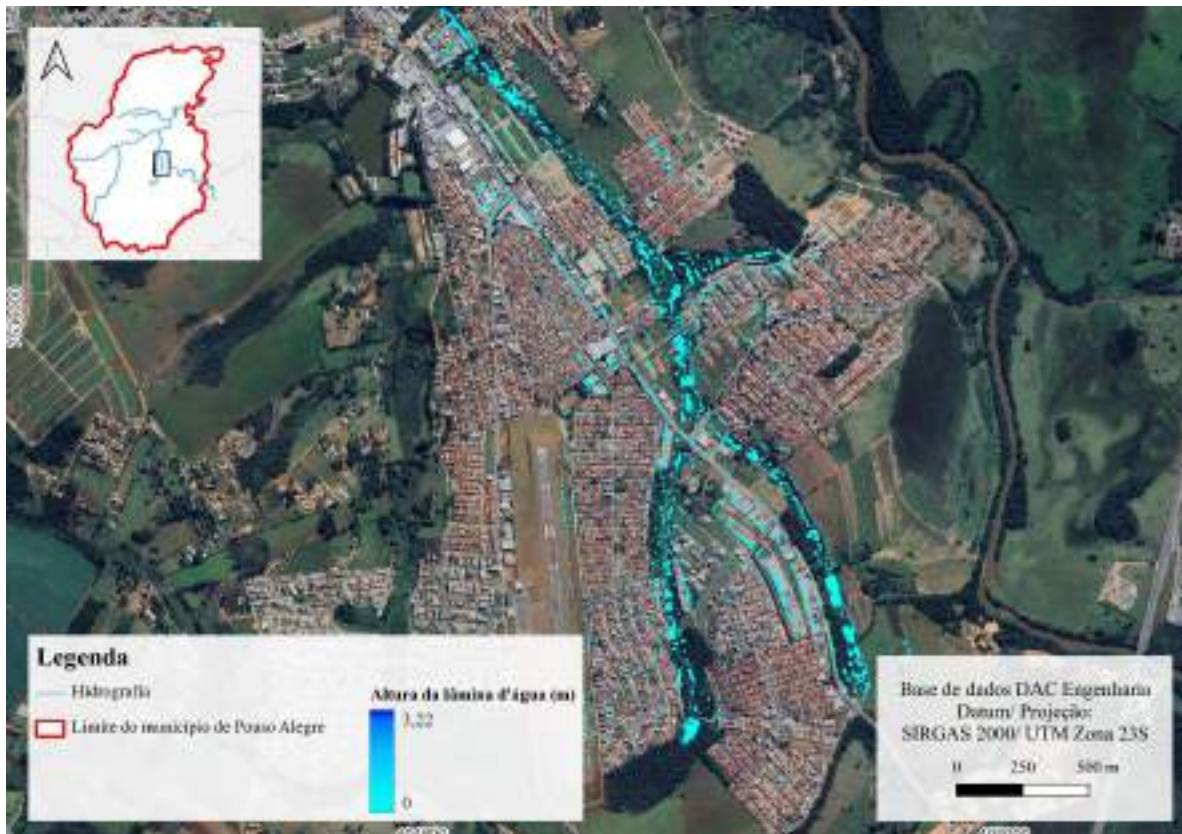
Tipos de planícies de inundação		Mínimo	n Médio	Máximo
Pastagem	Gramma baixa	0,025	0,030	0,035
	Gramma alta	0,030	0,035	0,050
Áreas cultivas	Nenhum cultivo	0,020	0,030	0,040
	Colheita desenvolvida	0,030	0,040	0,050
Mato	Esparso, com muitas plantas rasteiras	0,035	0,050	0,070
	Ralo	0,040	0,060	0,080
	Mediano a denso	0,070	0,100	0,160
Árvores	Grande porte (salgueiro, mangueira etc)	0,110	0,150	0,200
	Terreno limpo, com tocos e com algumas plantas rasteiras	0,030	0,040	0,050
	Terreno limpo, com tocos e com muitas plantas rasteiras	0,050	0,060	0,080

Tipos de planícies de inundação	n		
	Mínimo	Médio	Máximo
Fileira densa, com nível de inundação abaixo dos galhos	0,080	0,100	0,120
Fileira densa, com nível de inundação acima dos galhos	0,100	0,120	0,160

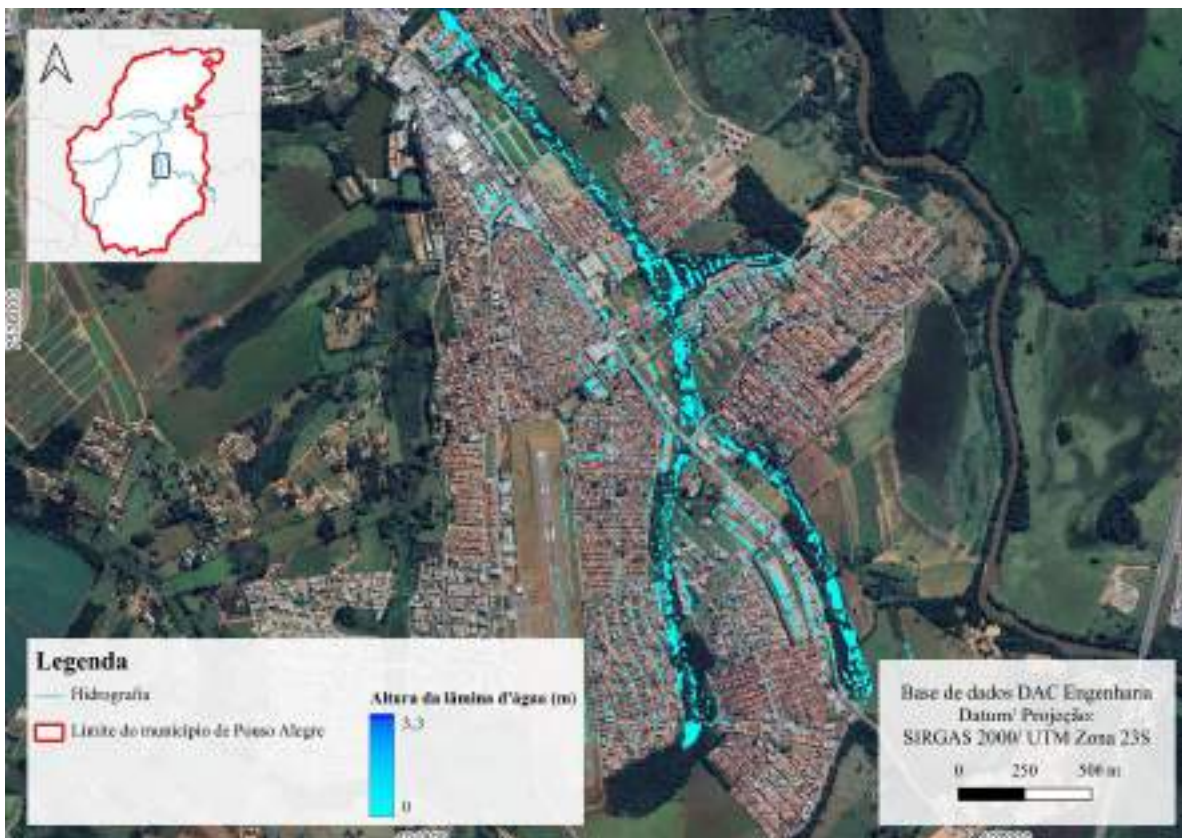
### 1.2.1. Bacia do Córrego São Cristóvão

As informações utilizadas para modelar as áreas de acúmulo hidráulico no córrego São Cristóvão foram baseadas nos valores de vazão derivados dos hidrogramas de projeto, aplicados à divisão da bacia de drenagem definida e apresentada na primeira parte deste estudo. Durante a análise, a precipitação foi considerada o fator principal para determinar os volumes de vazão. Essa estratégia foi empregada para avaliar os impactos do aumento das enchentes nas áreas ao longo do curso do córrego. Por meio dessa metodologia, foi possível analisar como a elevação do nível da água afeta as áreas próximas ao córrego.

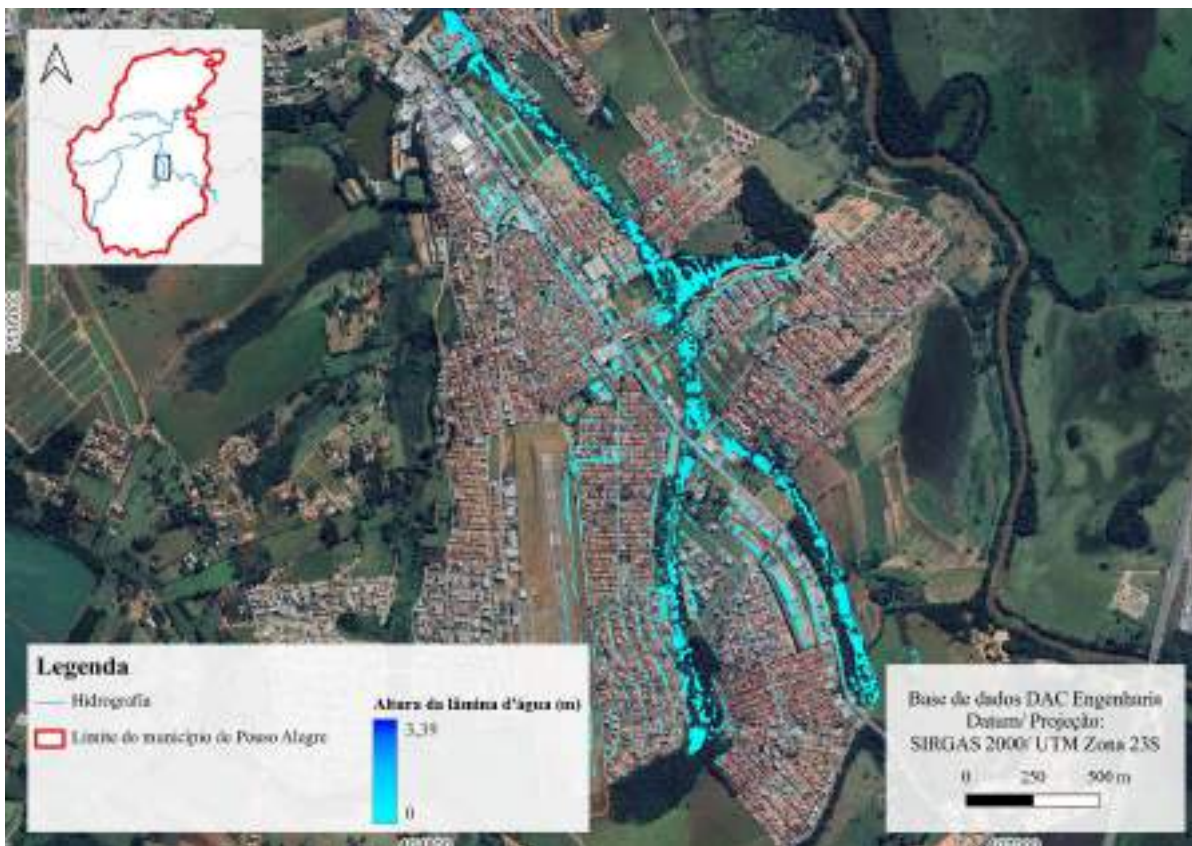
O córrego São Cristóvão margeia bairros com um alto nível de urbanização, como o bairro São Cristóvão e o Conjunto Chapadão II, podendo oferecer riscos a população pela proximidade. As Figura 2 a Figura 6 apresentam as manchas de acúmulo hidráulico geradas para o córrego São Cristóvão, representando tanto as inundações quanto os alagamentos que ocorrem em sua bacia.



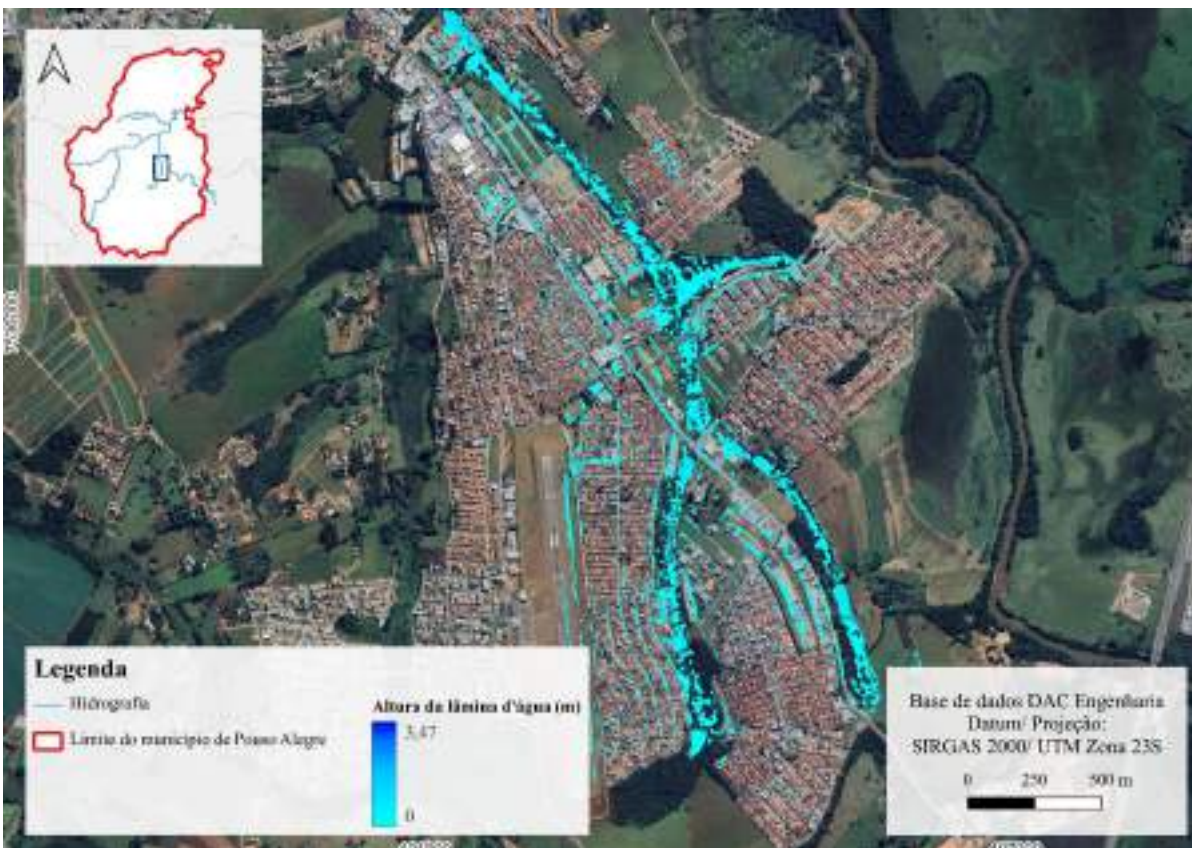
**Figura 2 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 5**



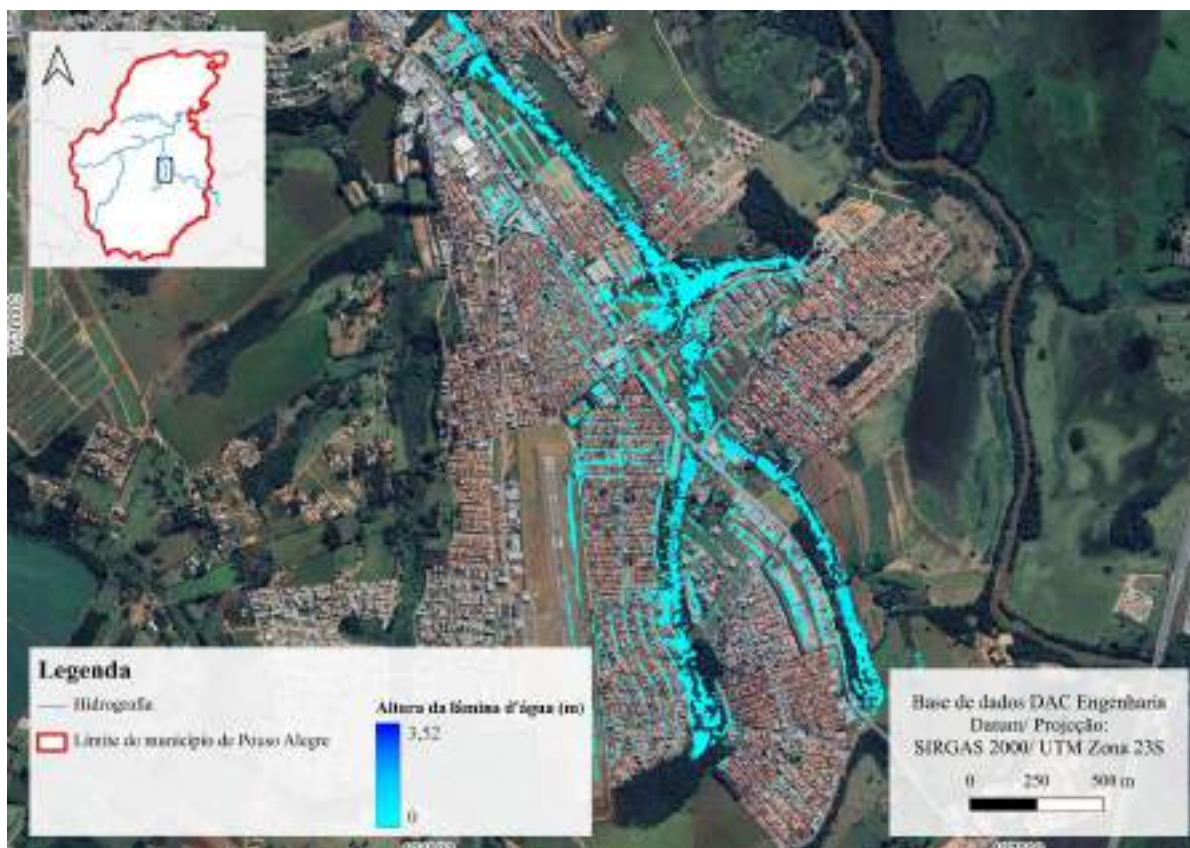
**Figura 3 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 10**



**Figura 4 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 25**



**Figura 5 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 50**



**Figura 6 - Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Cristóvão – TR 100**

### 1.2.2. Bacia do Córrego São Judas Tadeu

No que diz respeito às bacias do Ribeirão das Mortes, Ribeirão Pantano, Rio Mandu, Rio Sapucaí-Mirim e Rio Sapucaí foram incorporados dados de vazão provenientes de simulações hidrológicas conduzidas no ambiente HEC-HMS (conforme descrito no Relatório 4.1 – Parte 1) e de precipitação. Quanto à bacia do Córrego São Judas Tadeu, foram incluídos apenas dados de precipitação derivados da área de drenagem correspondente, permitindo assim uma compreensão mais aprofundada da interação entre precipitação e vazão na região de interesse público. O córrego São Judas Tadeu foi considerado como área de estudo isolada devido a um histórico de inundações registrados, a região da sub-bacia é monitorada devido ao impacto que seu processo de cheia acarreta na população que se instalou às margens desse corpo hídrico. A seguir, da Figura 17 a Figura 22 são apresentadas as manchas de acúmulo hidráulico simuladas para todos os cinco tempos de retorno considerados.



Figura 7 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 5

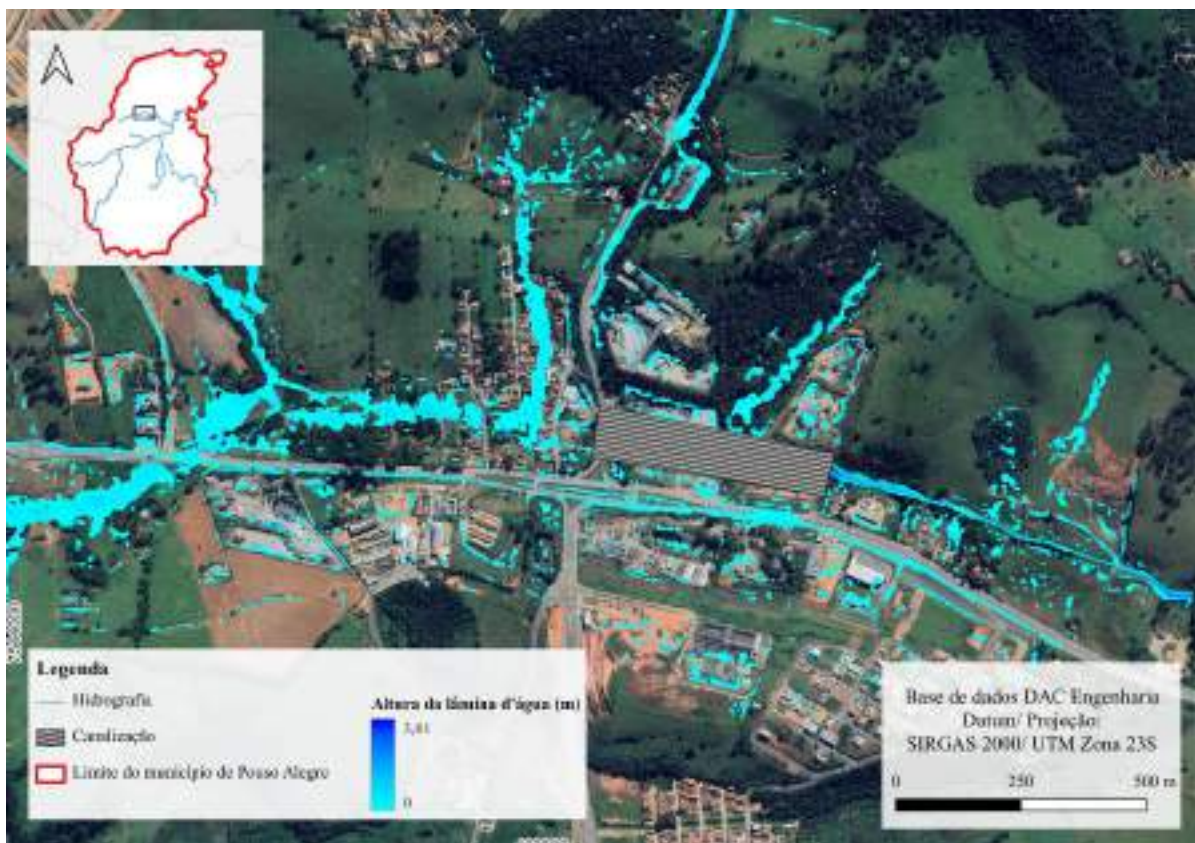


Figura 8 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 5 (Cena 1)

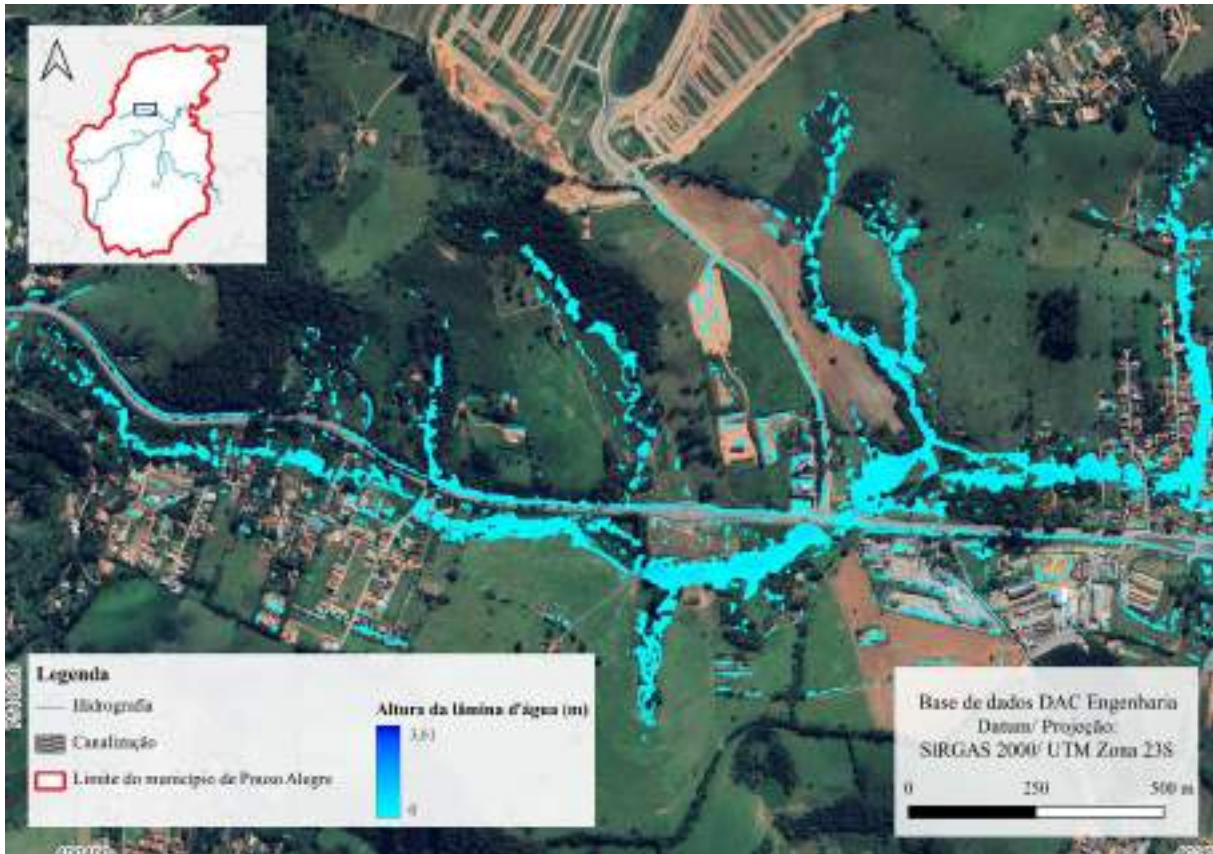


Figura 9 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 5 (Cena 2)

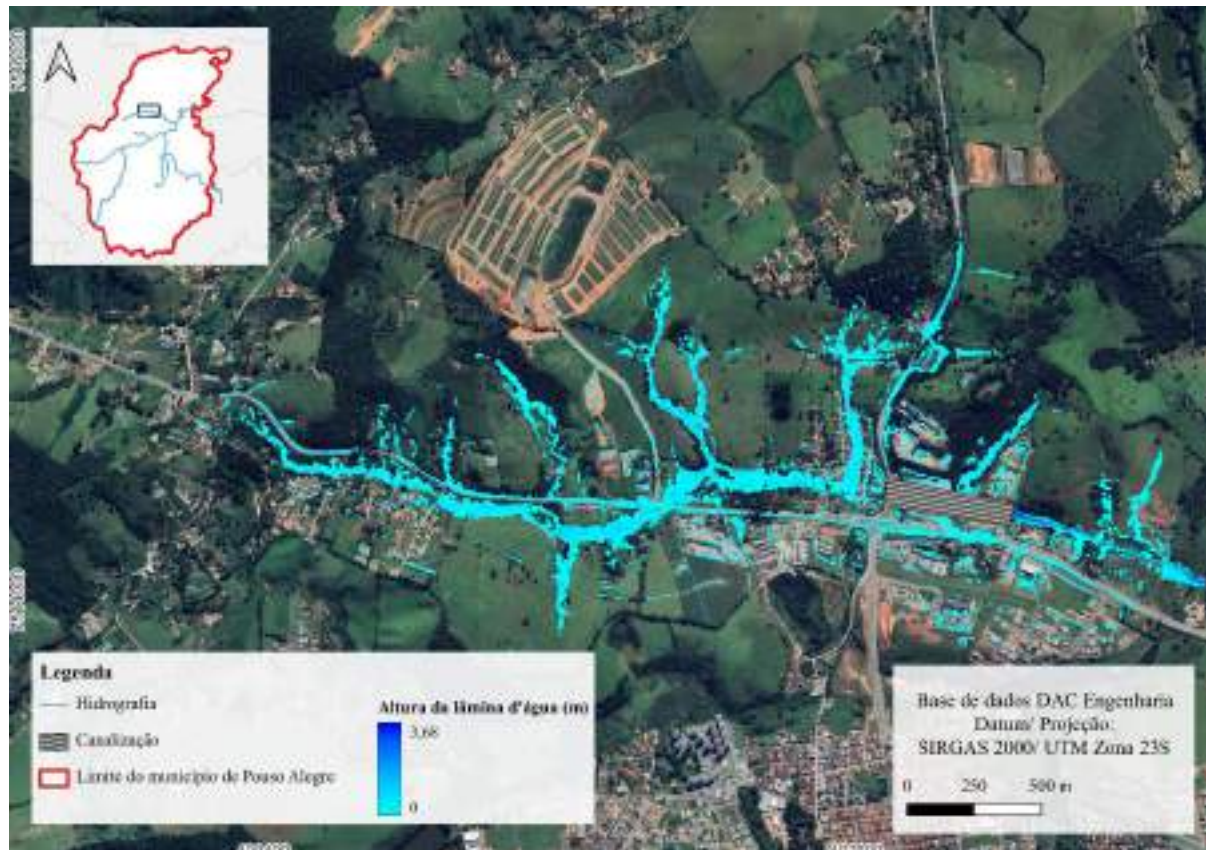


Figura 10 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 10



Figura 11 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 10 (Cena 1)

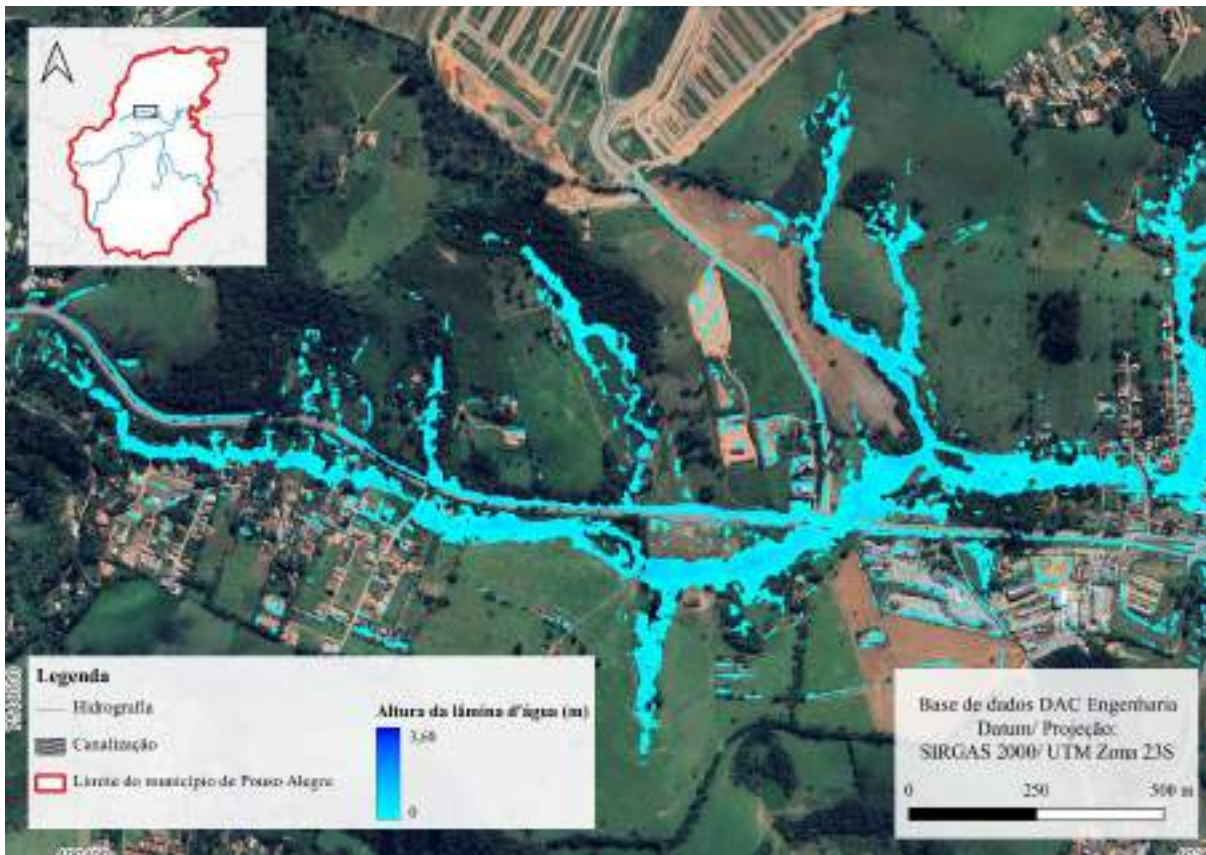


Figura 12 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 10 (Cena 2)

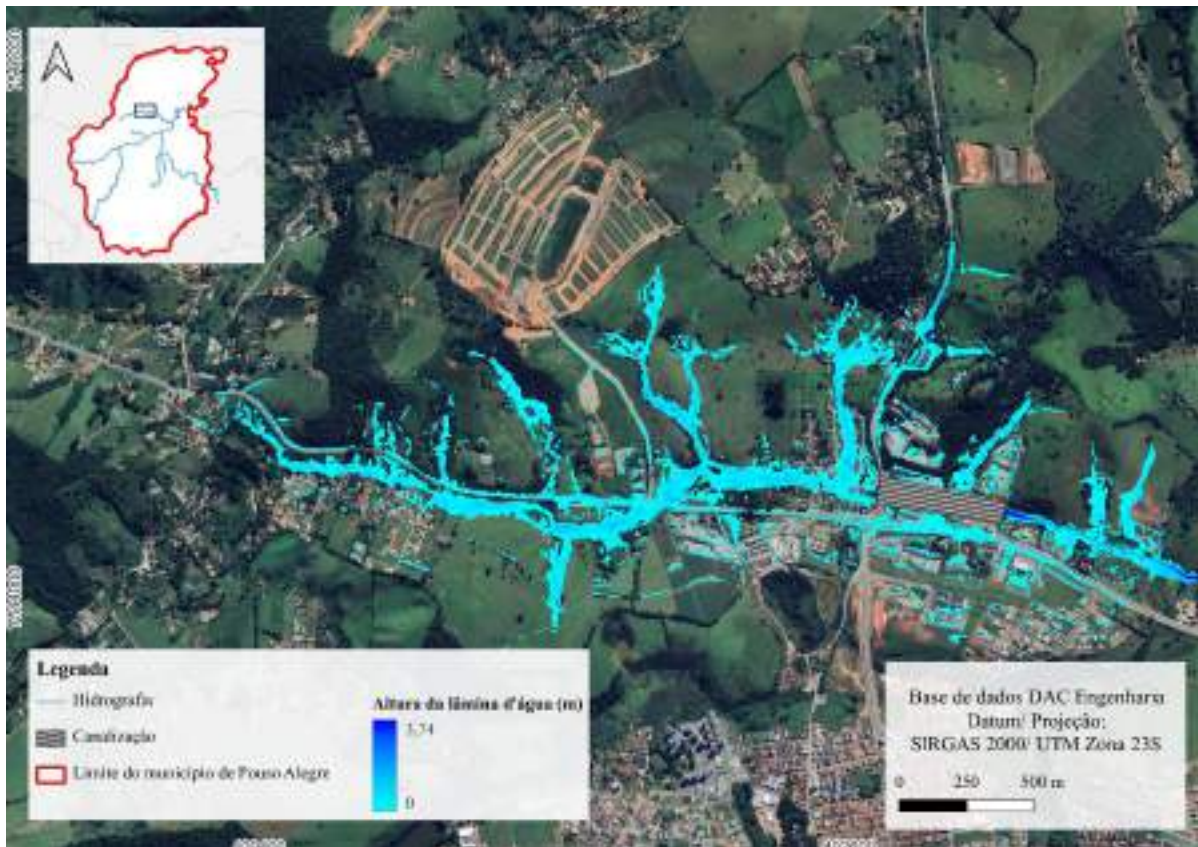


Figura 13 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 25

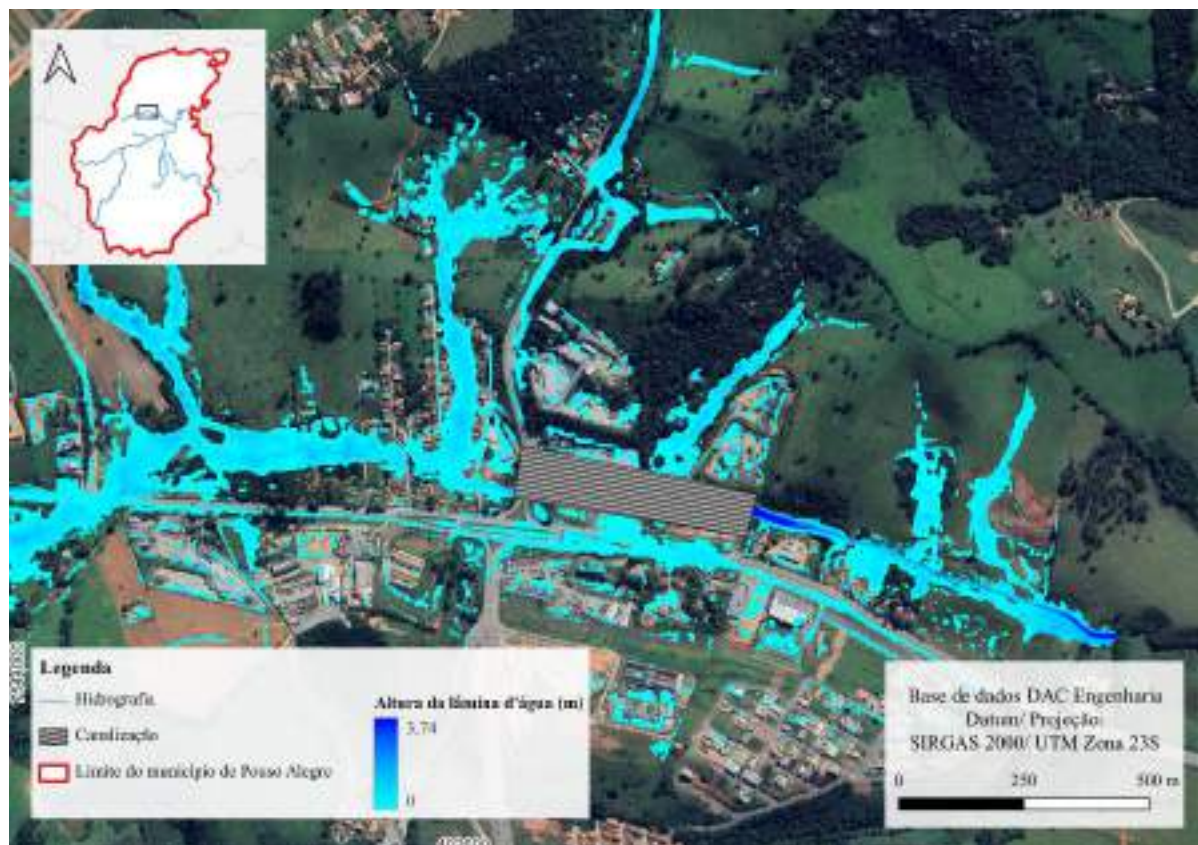


Figura 14 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 25 (Cena 1)

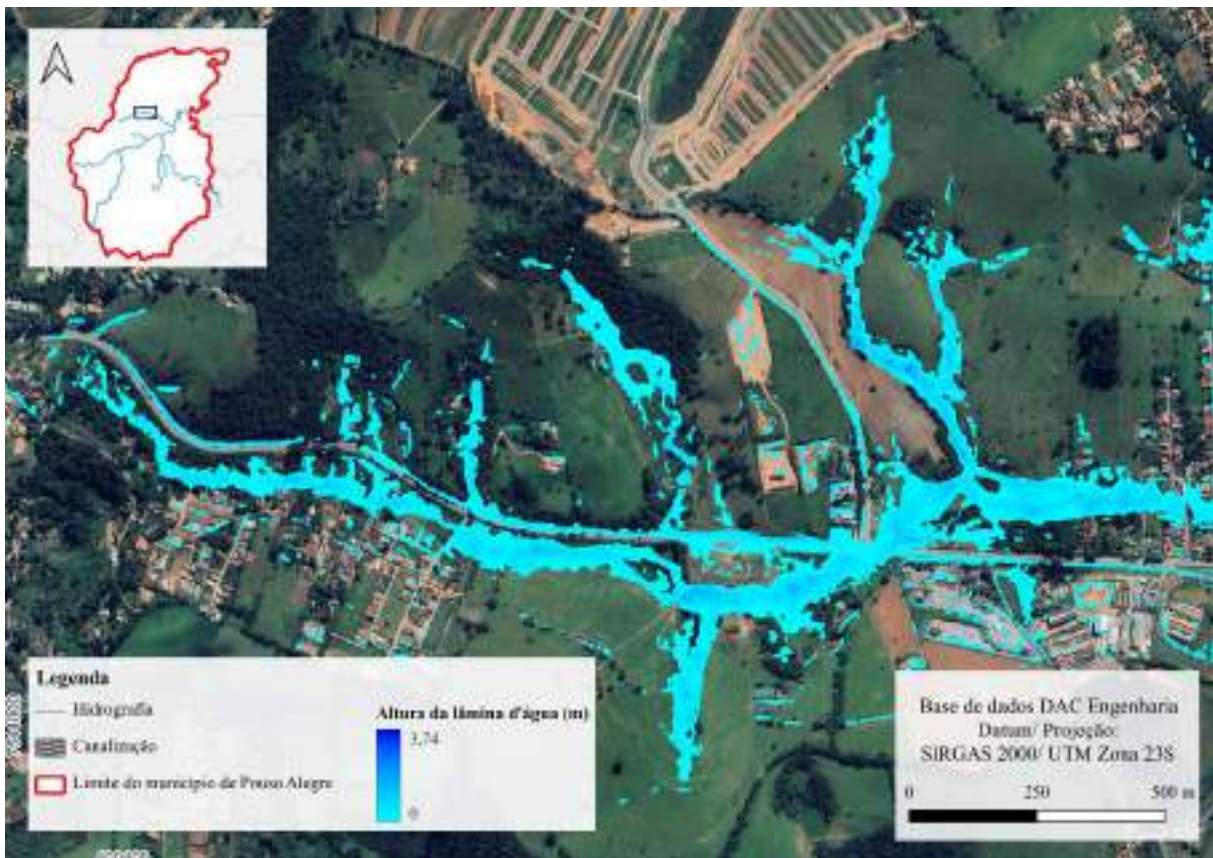


Figura 15 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 25 (Cena 2)

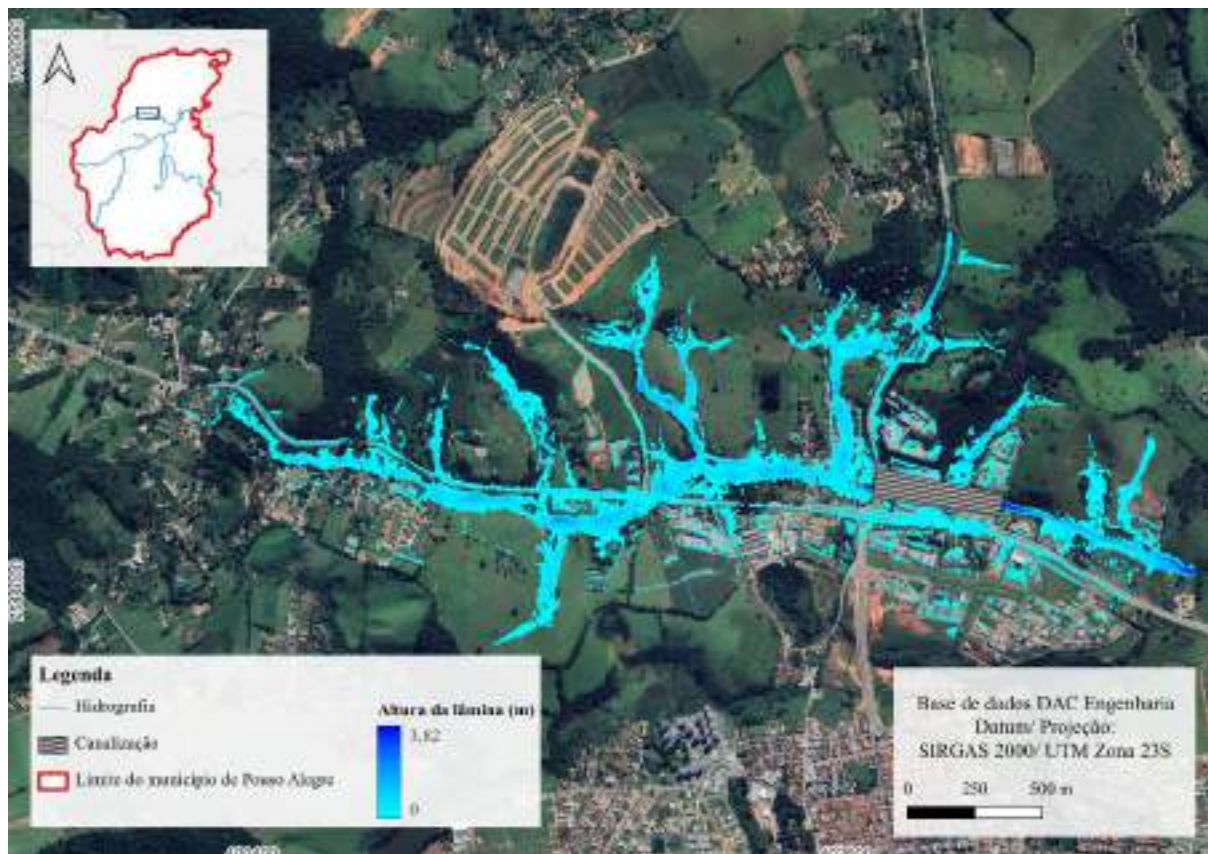


Figura 16 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 50

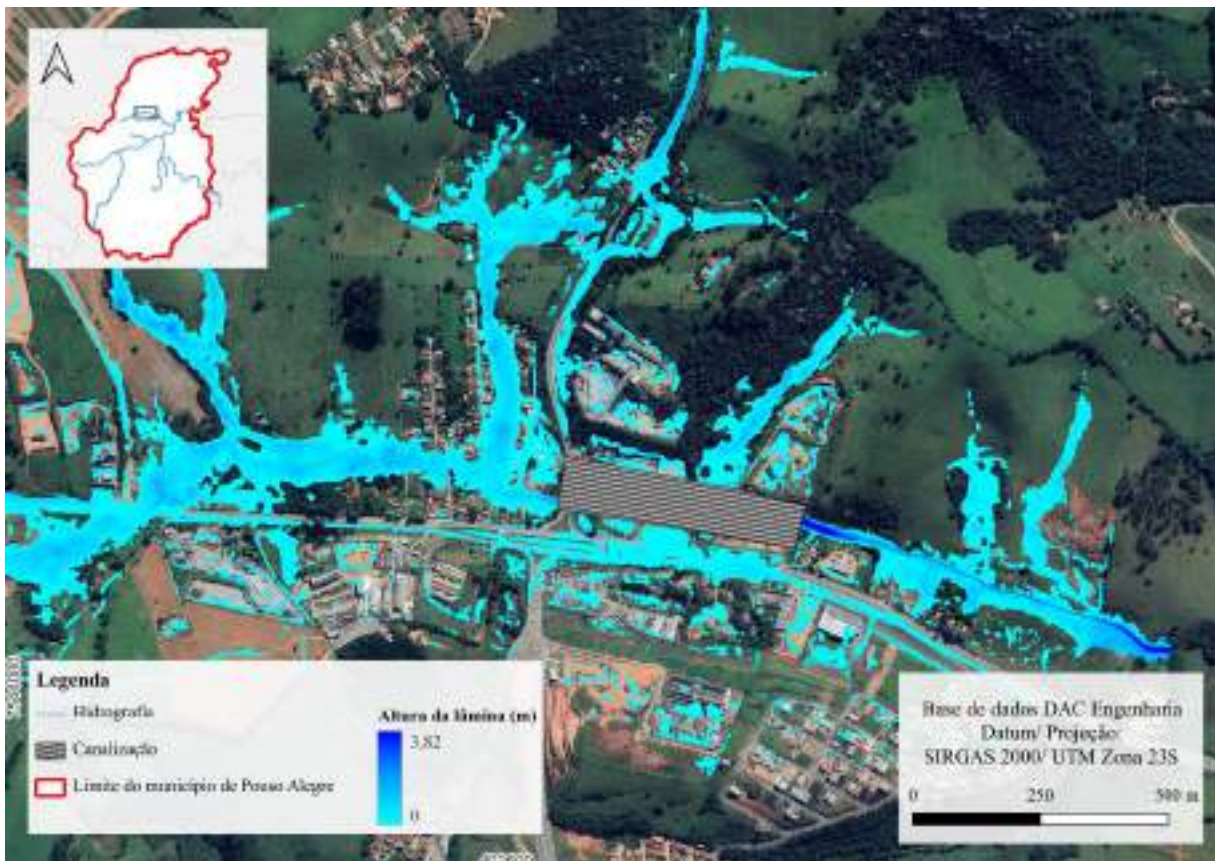


Figura 17 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 50 (Cena 1)

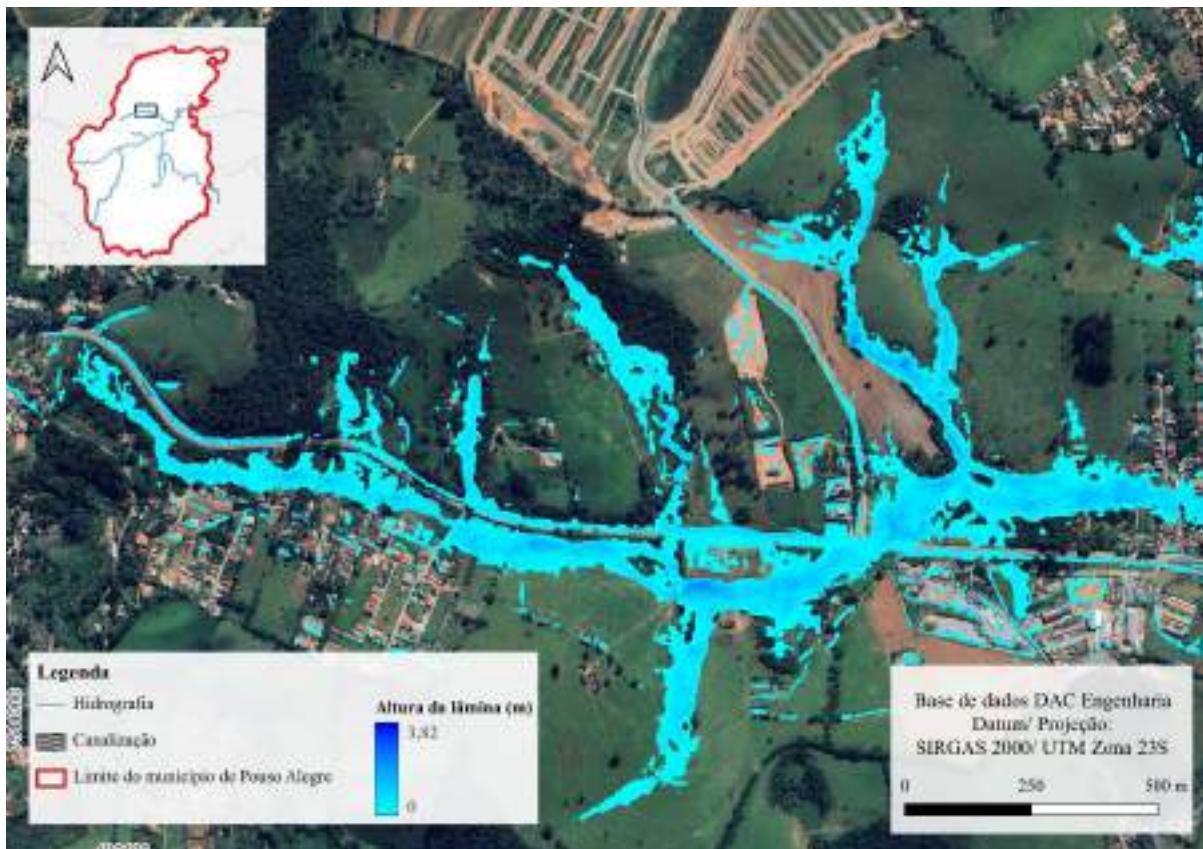


Figura 18 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 50 (Cena 2)

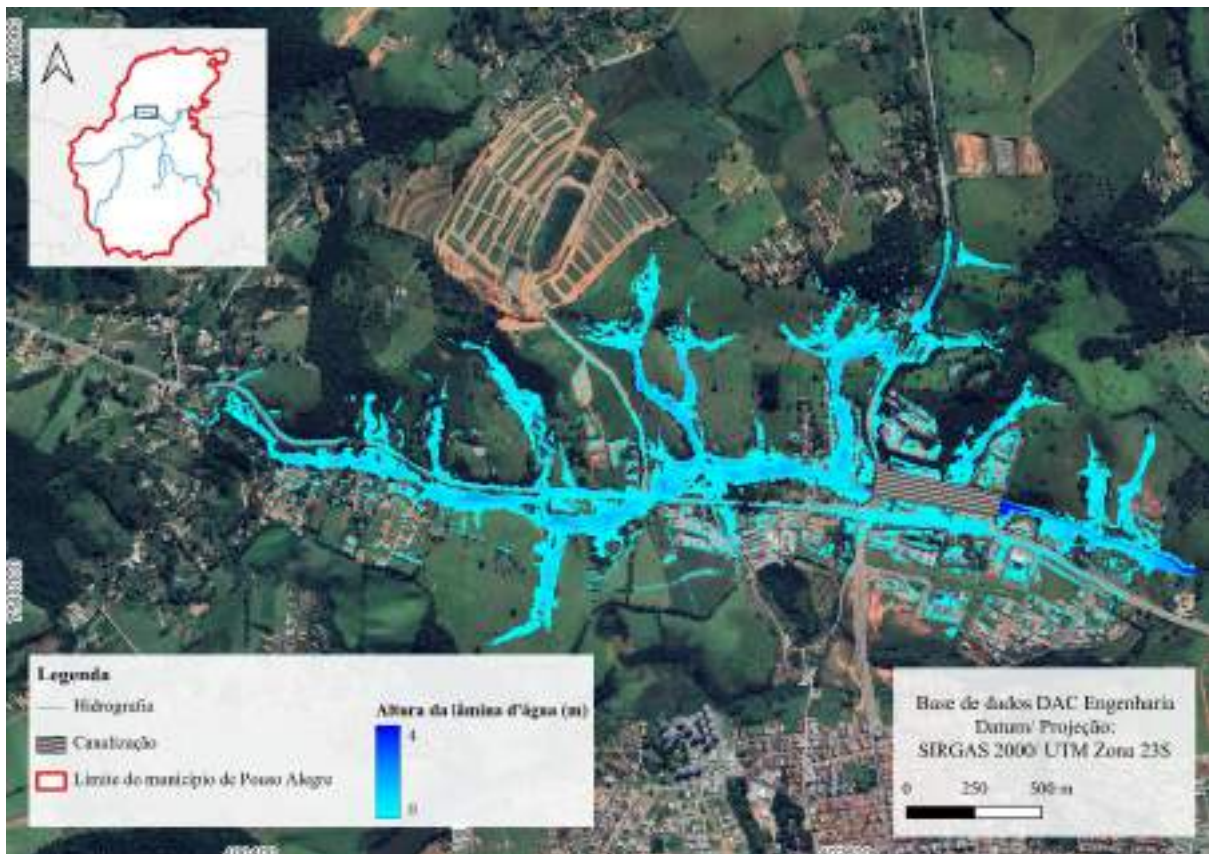


Figura 19 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 100

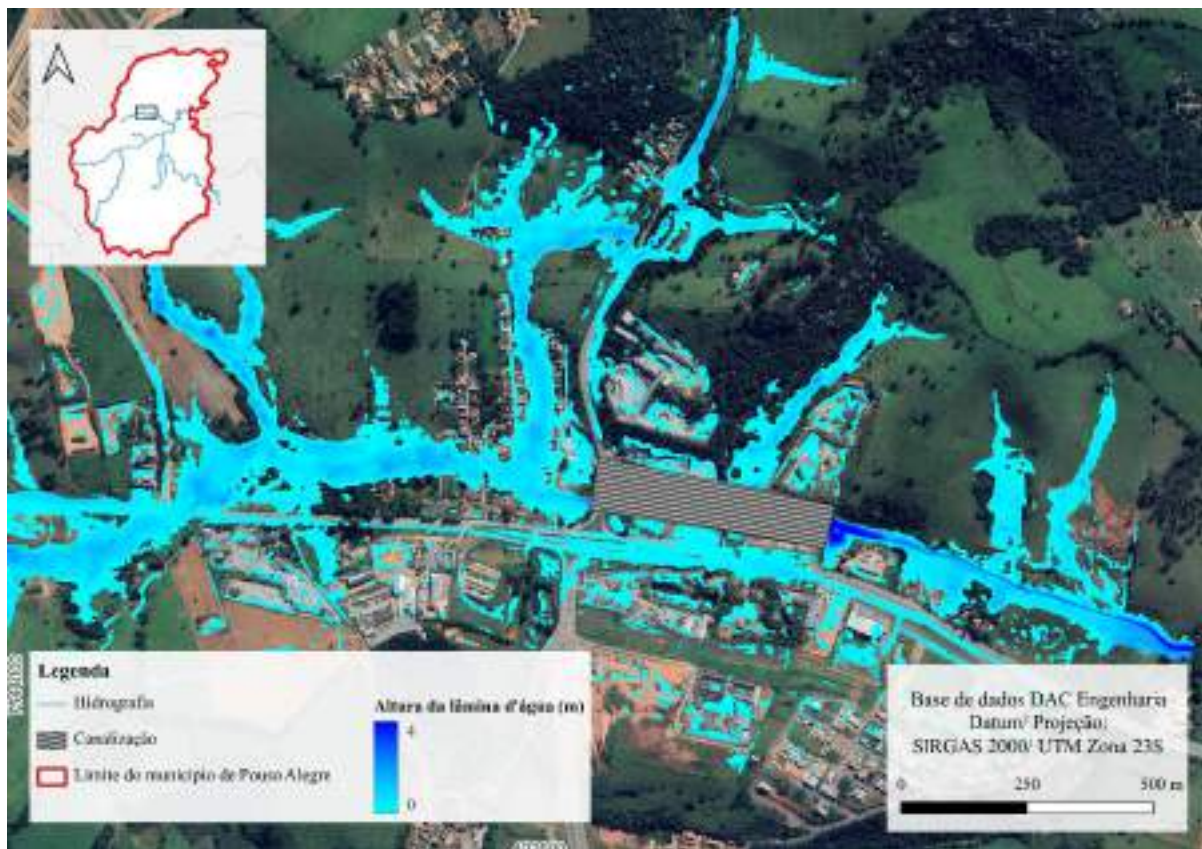
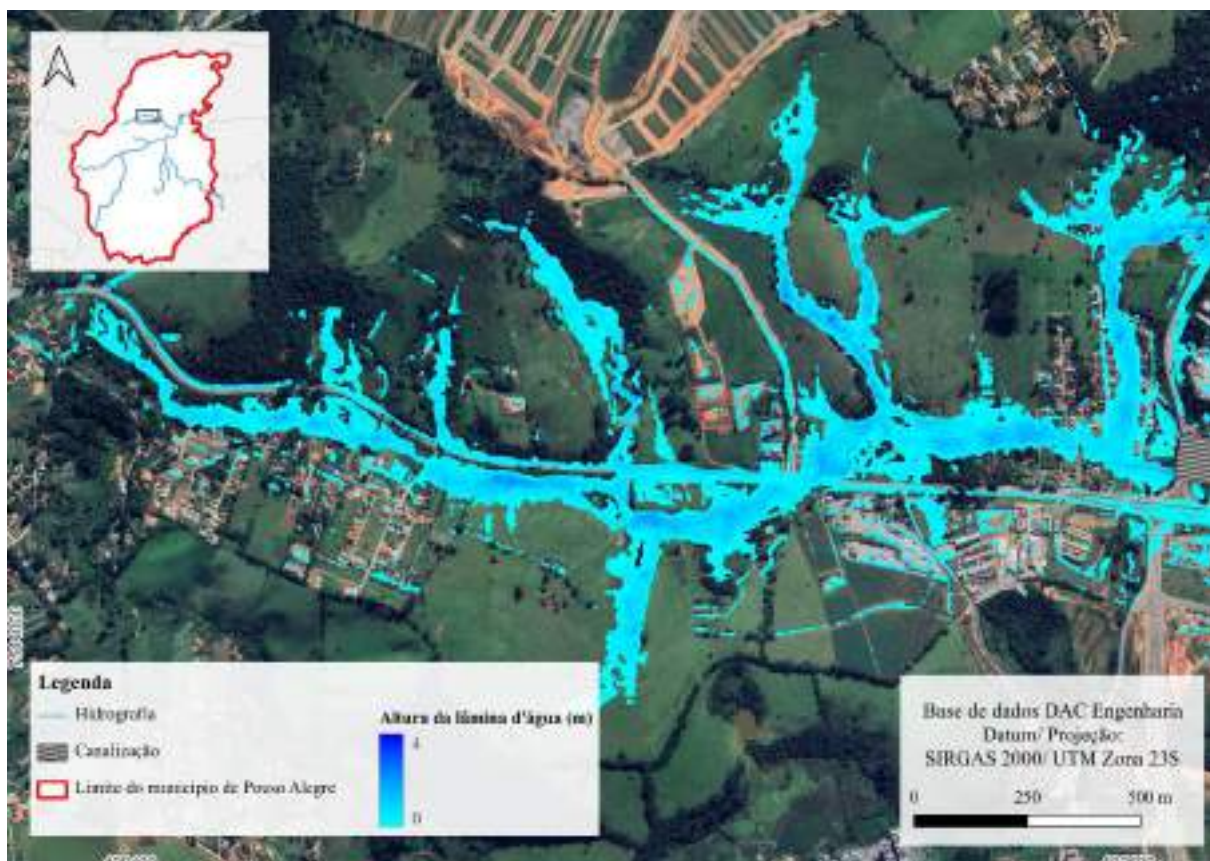


Figura 20 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 100 (Cena 1)



**Figura 21 – Mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu – TR 100 (Cena 2)**

A mancha de acúmulo hidráulico evolui causando o acúmulo de águas pluviais que vão resultar em eventos de alagamento e enchentes. Na Figura 22 são apresentadas cenas de evolução do processo de cheia da bacia, contendo apenas a área urbana de Pouso Alegre que o Córrego abrange, que corresponde ao Bairro Cantagalo. Com a cena de uma hora de simulação é possível visualizar o momento de pico de acúmulo hidráulico na bacia, circulado na imagem o local onde áreas antes alagadas se unem ao acúmulo proveniente da inundação.

Em 30 minutos é visível que na área urbana da cena já se encontram grandes pontos de alagamento, sendo que nesta área se encontrava um afluente do córrego que foi canalizado durante o processo de urbanização, e hoje em dia implica num local de acúmulo de águas pluviais. Sendo possível observar como essa região tem a formação de um acúmulo que irá se unir a acúmulo hidráulico no pico de vazões.

Nas cenas de 1 hora e 1,5 horas é visualizado o processo de inundação ocorrendo em quase toda extensão do Córrego na cena, com maior concentração de volume na área urbanizada. Visto que devido a urbanização, essa área é a que leva um maior período de

tempo para dissipar o volume de água acumulado quando comparado com as margens que não são ocupadas por área urbana.

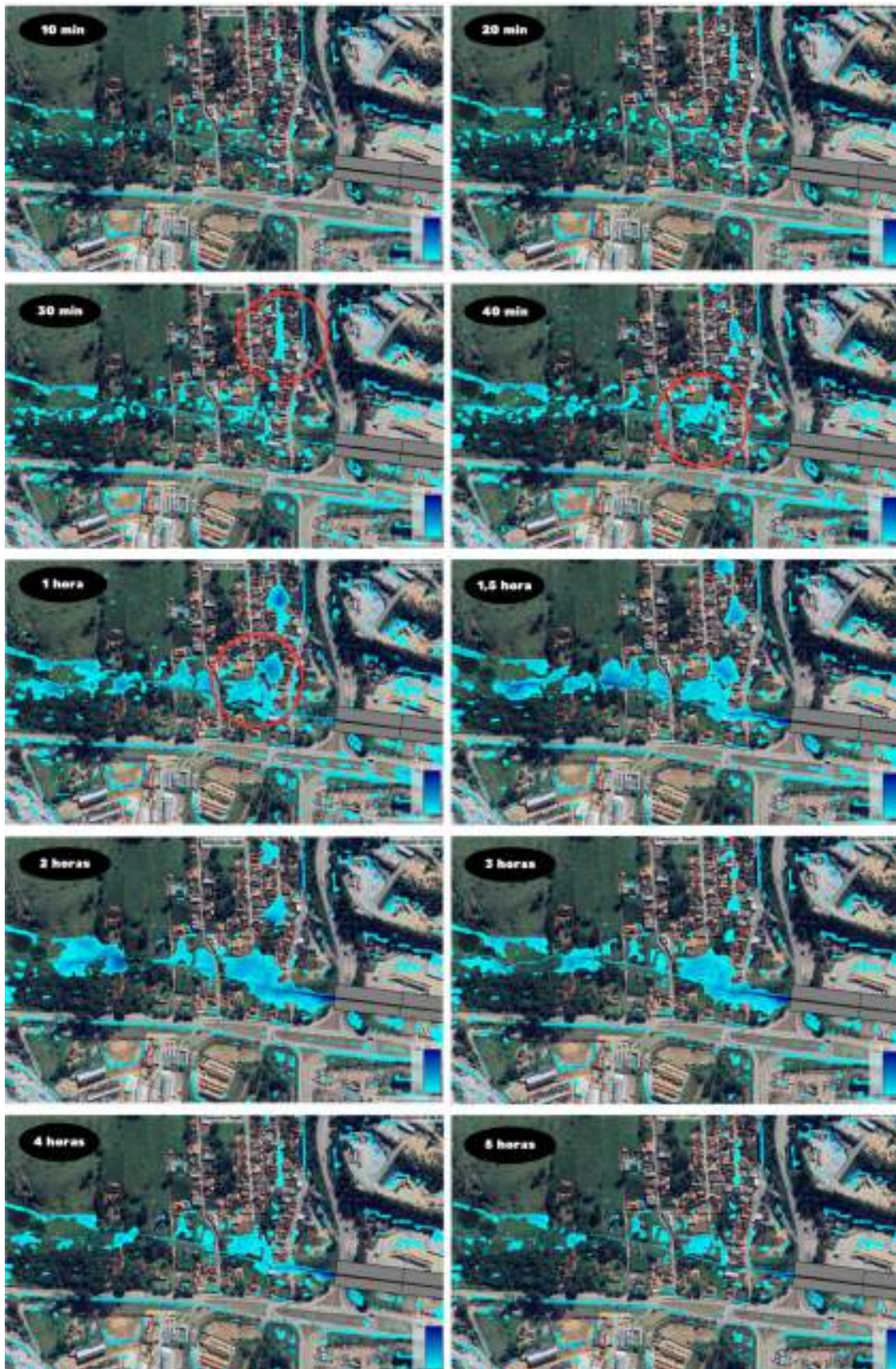
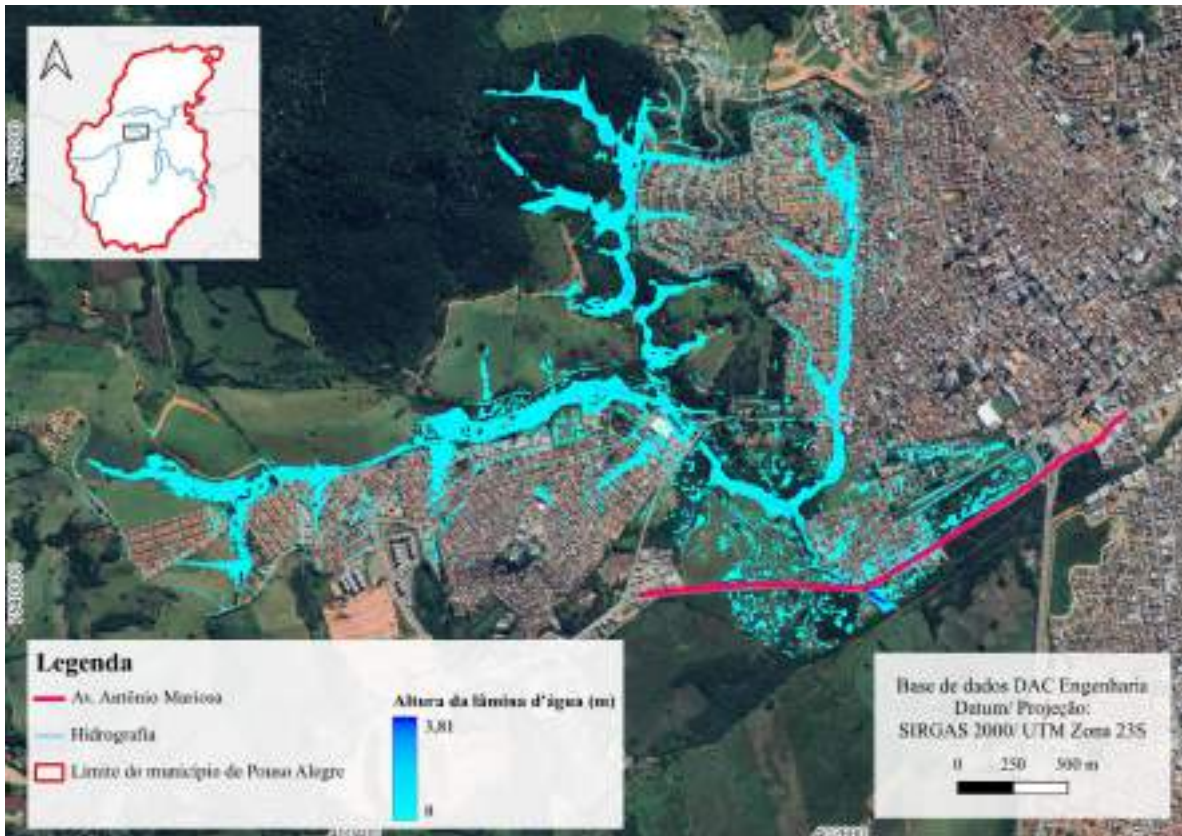


Figura 22 – Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego São Judas Tadeu (TR 50)

### 1.2.3. Bacia do Córrego da Remonta

Os dados de entrada para modelar as manchas de acúmulo hidráulico no córrego da Remonta foram os valores de vazão derivados dos hidrogramas de projeto, aplicados à divisão da área de drenagem escolhida e apresentada na primeira parte deste relatório. Na etapa de análise, a precipitação foi considerada como o fator primordial para determinar a vazão. Esta abordagem foi adotada para investigar os impactos do aumento das cheias nas áreas ao longo do curso do córrego. Através dessa metodologia, foi possível examinar como a elevação do nível da água afeta as regiões adjacentes ao ribeirão.

O curso d'água do córrego da remonta atravessa a parte oeste do município como um afluente do Rio Mandu, margeando o Bairro Jardim Yara e São João em sua área de drenagem. Essas localidades estão sujeitas diretamente à influência do córrego, podendo sofrer com alagamentos e inundações conforme a intensidade e a duração das precipitações. As manchas de acúmulo hidráulico foram então delineadas para diferentes períodos de retorno (Figura 23 a Figura 37), permitindo a observação da evolução das áreas afetadas com o aumento da vazão e da cota. Tal abordagem facilita a identificação das regiões suscetíveis à inundação, contribuindo para a tomada de decisões sobre o zoneamento urbano e a infraestrutura.



**Figura 23 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 5**



**Figura 24 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 5 (Cena 1)**

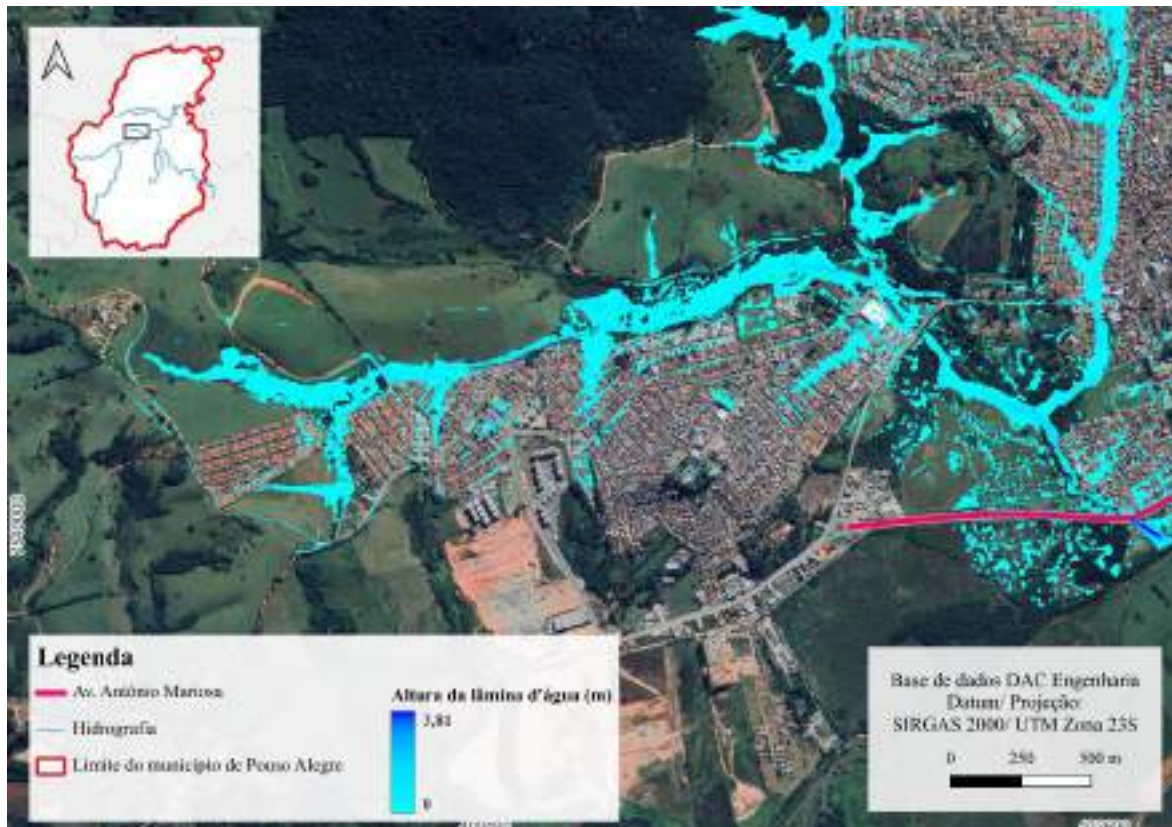


Figura 25 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 5 (Cena 2)

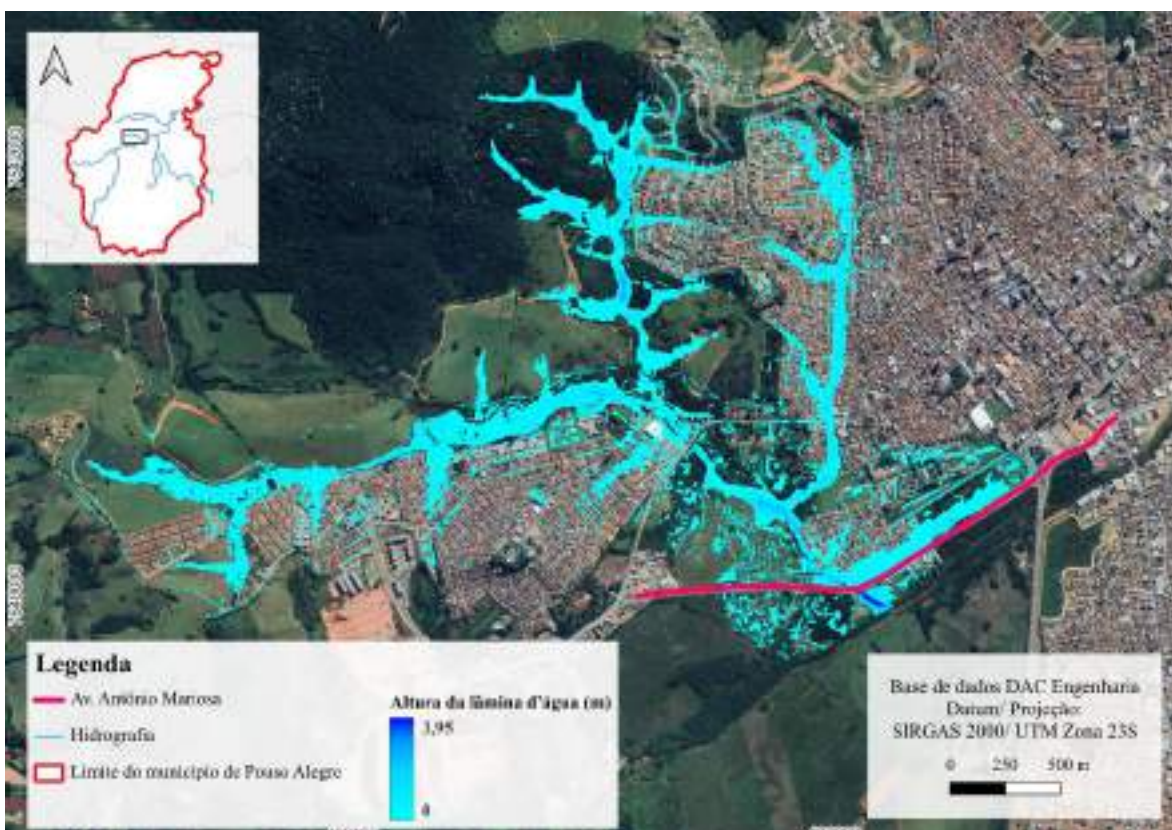


Figura 26 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 10

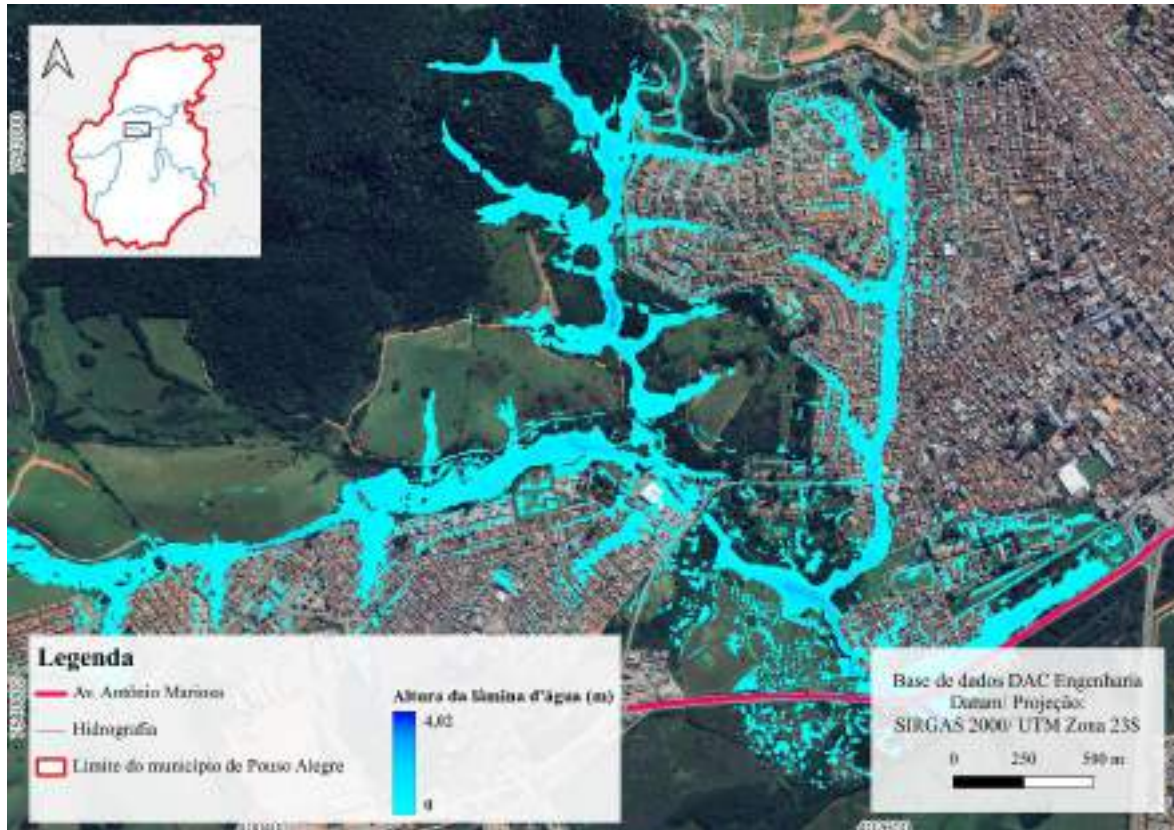


Figura 27 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 10 (Cena 1)

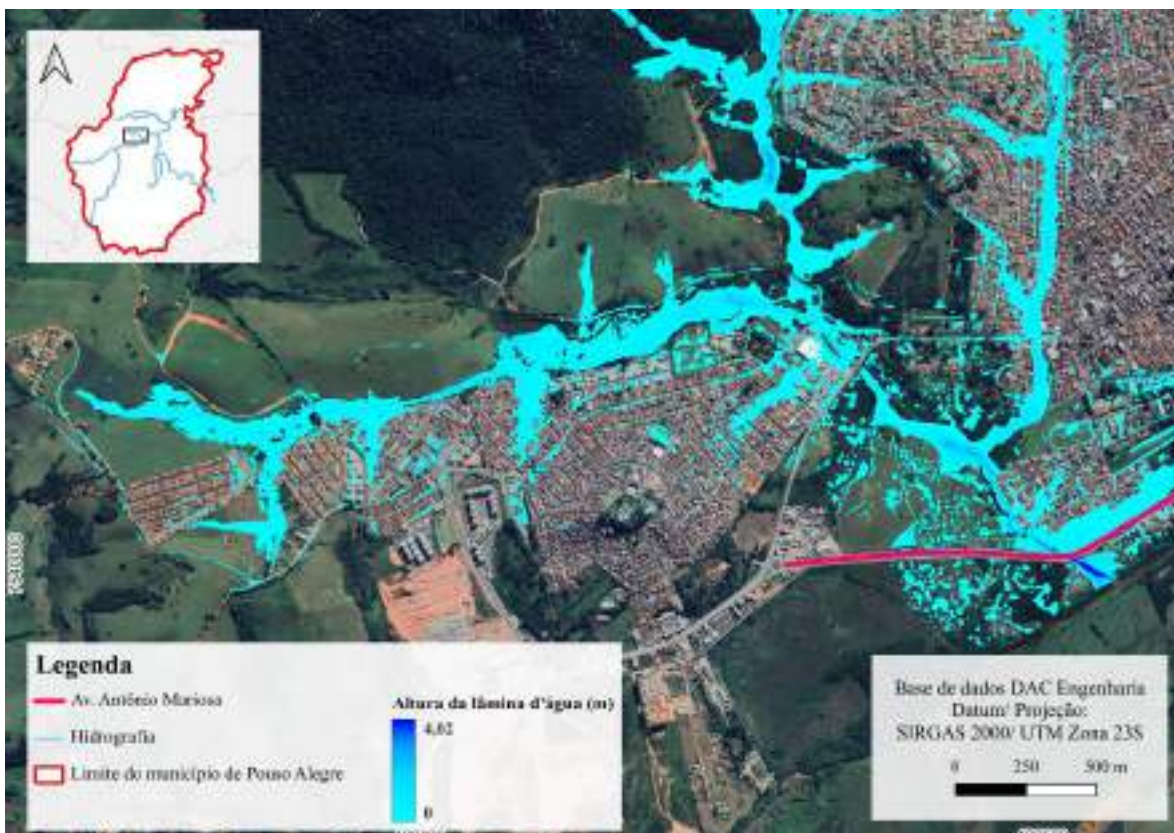


Figura 28 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 10 (Cena 2)

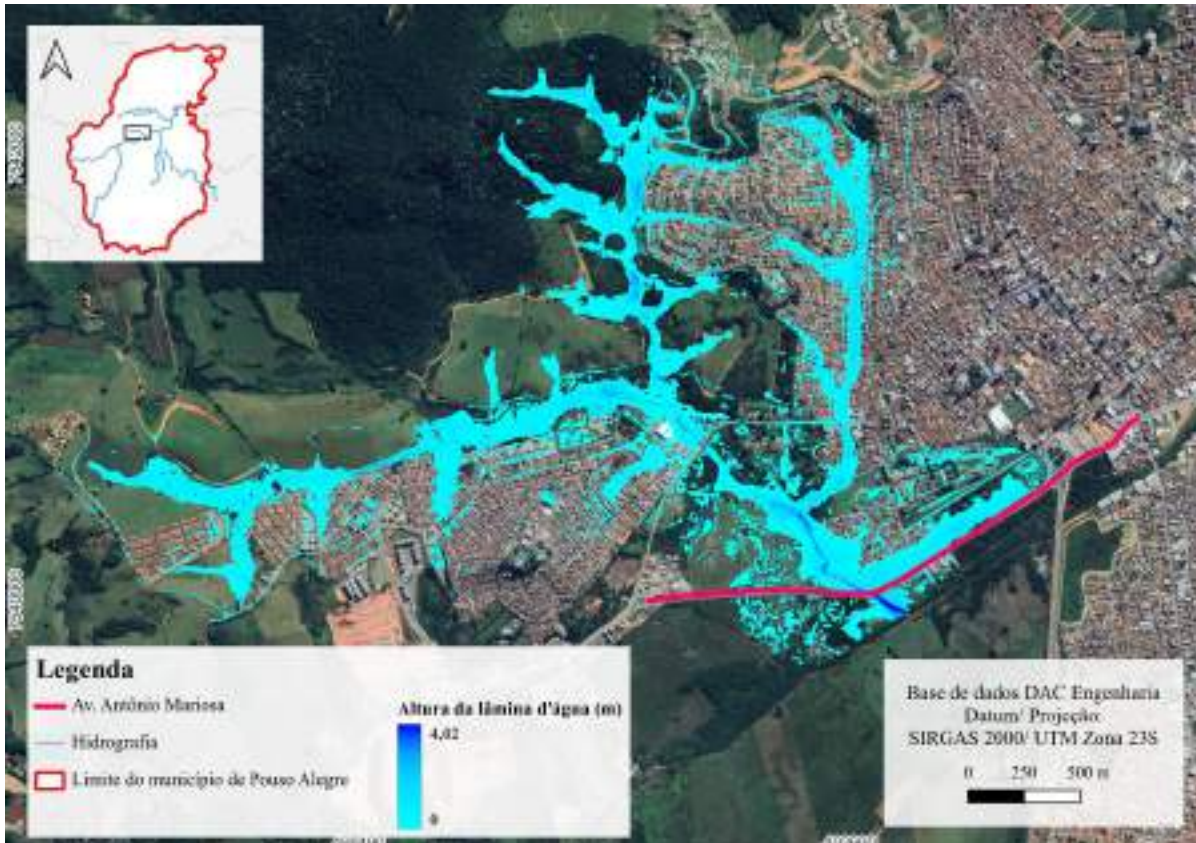


Figura 29 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 25



Figura 30 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 25 (Cena 1)

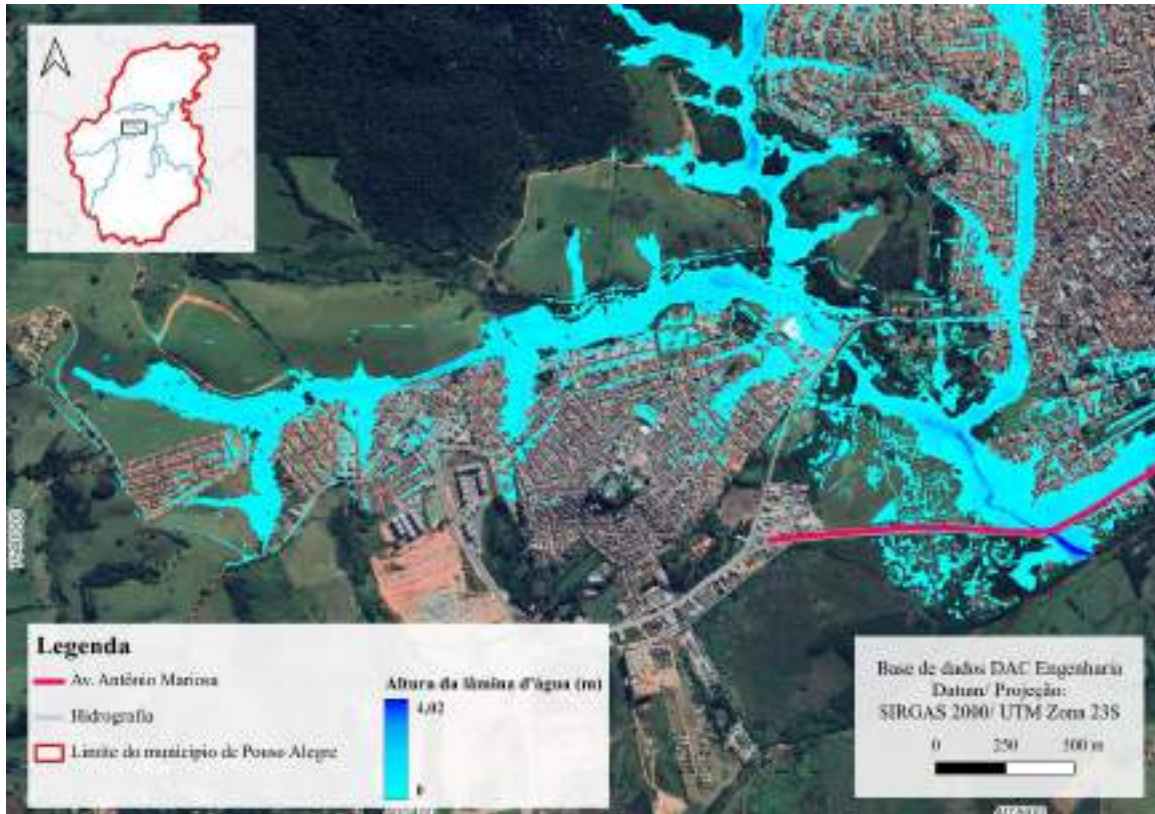


Figura 31 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 25 (Cena 2)

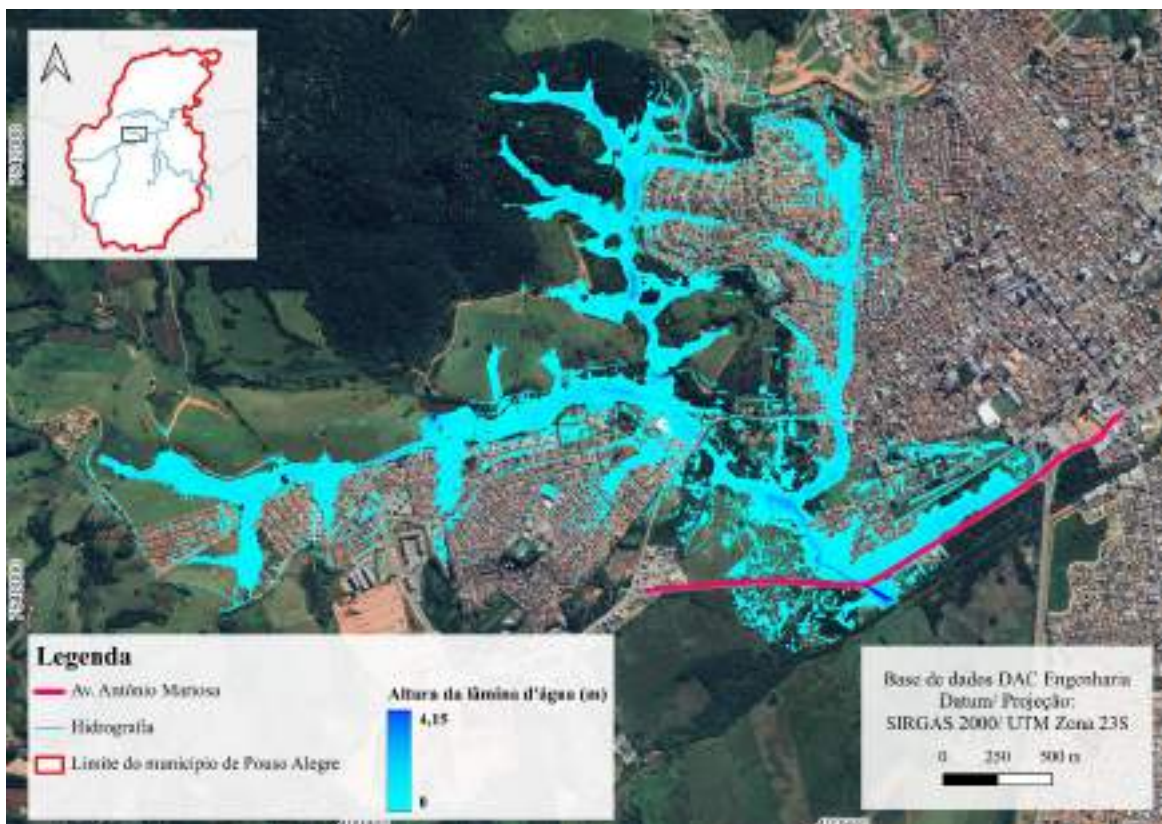


Figura 32 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 50

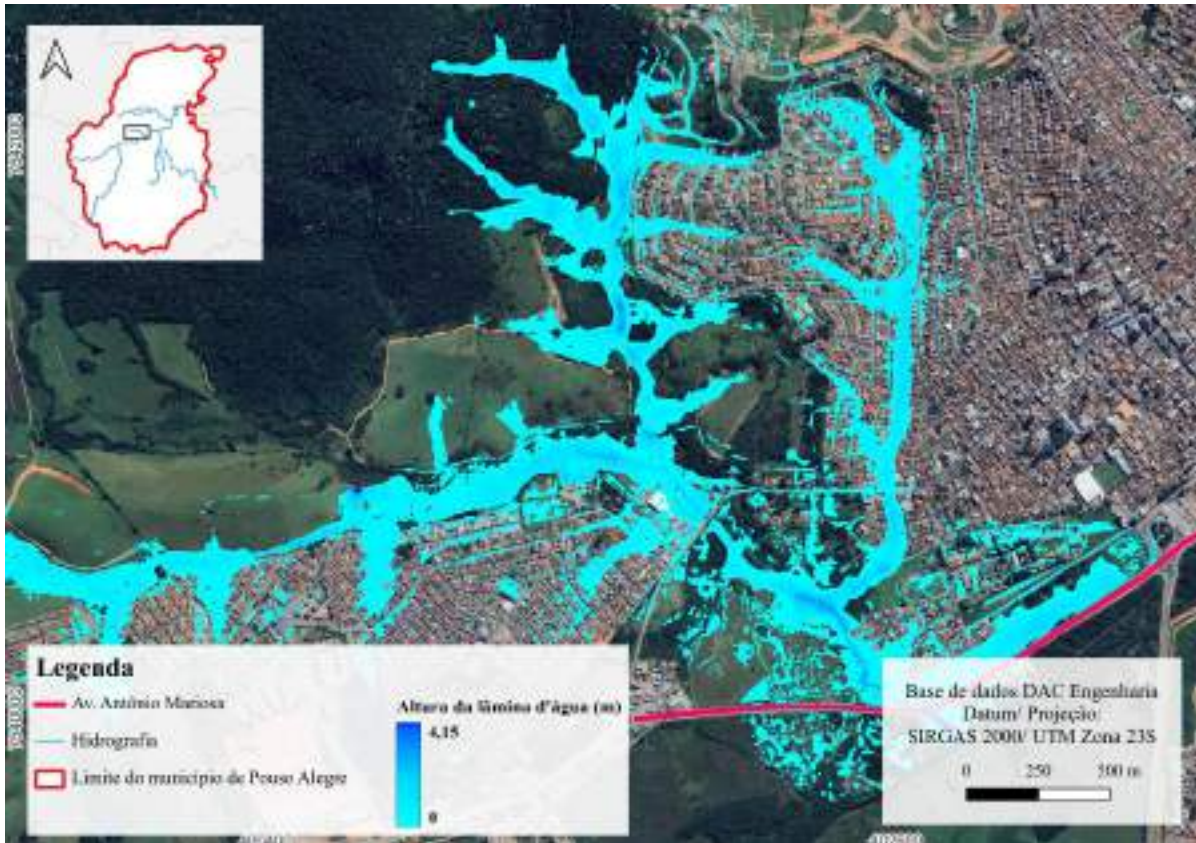


Figura 33 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 50 (Cena 1)

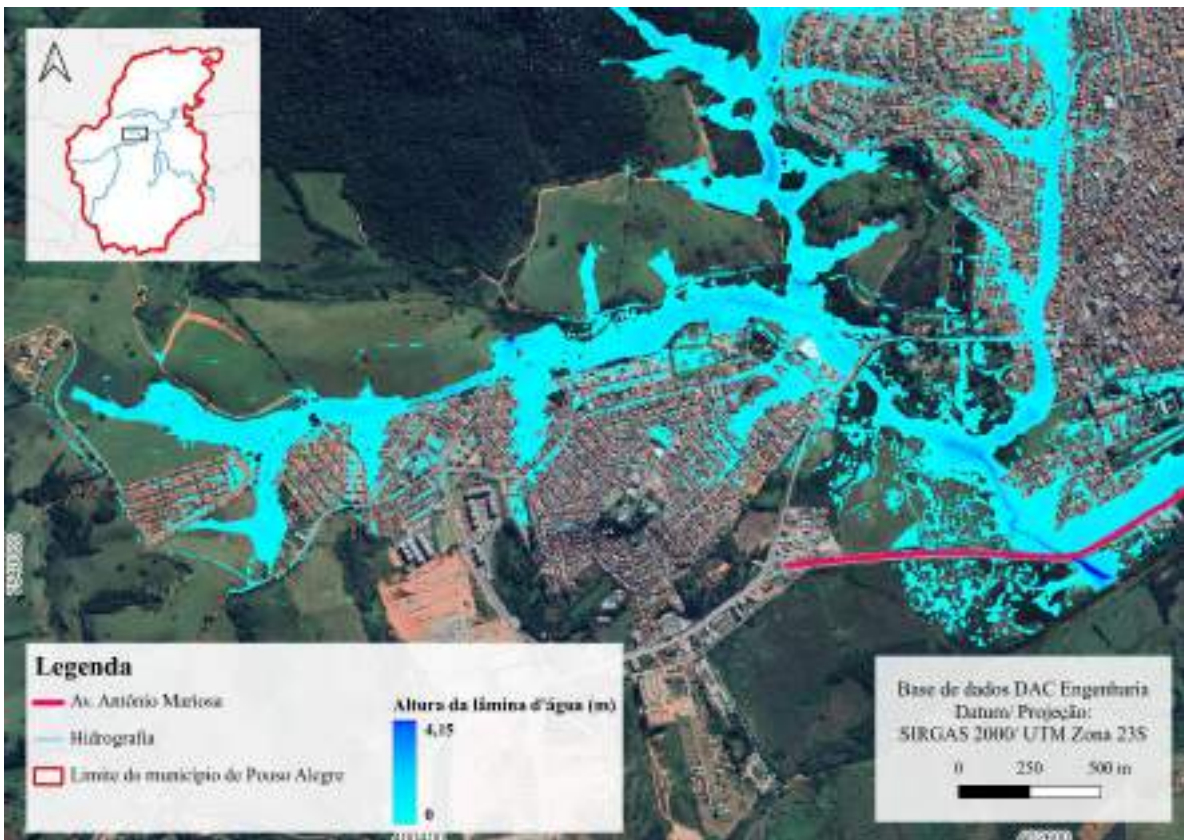


Figura 34 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 50 (Cena 2)

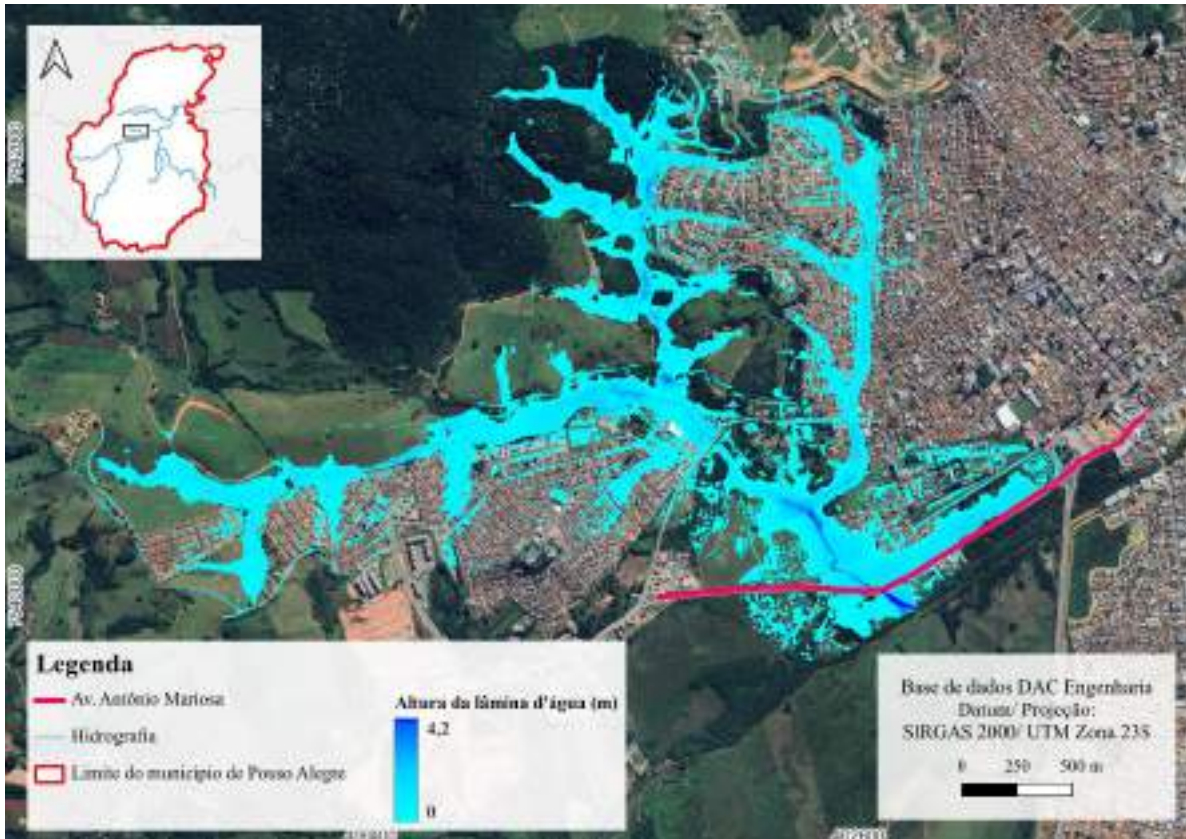
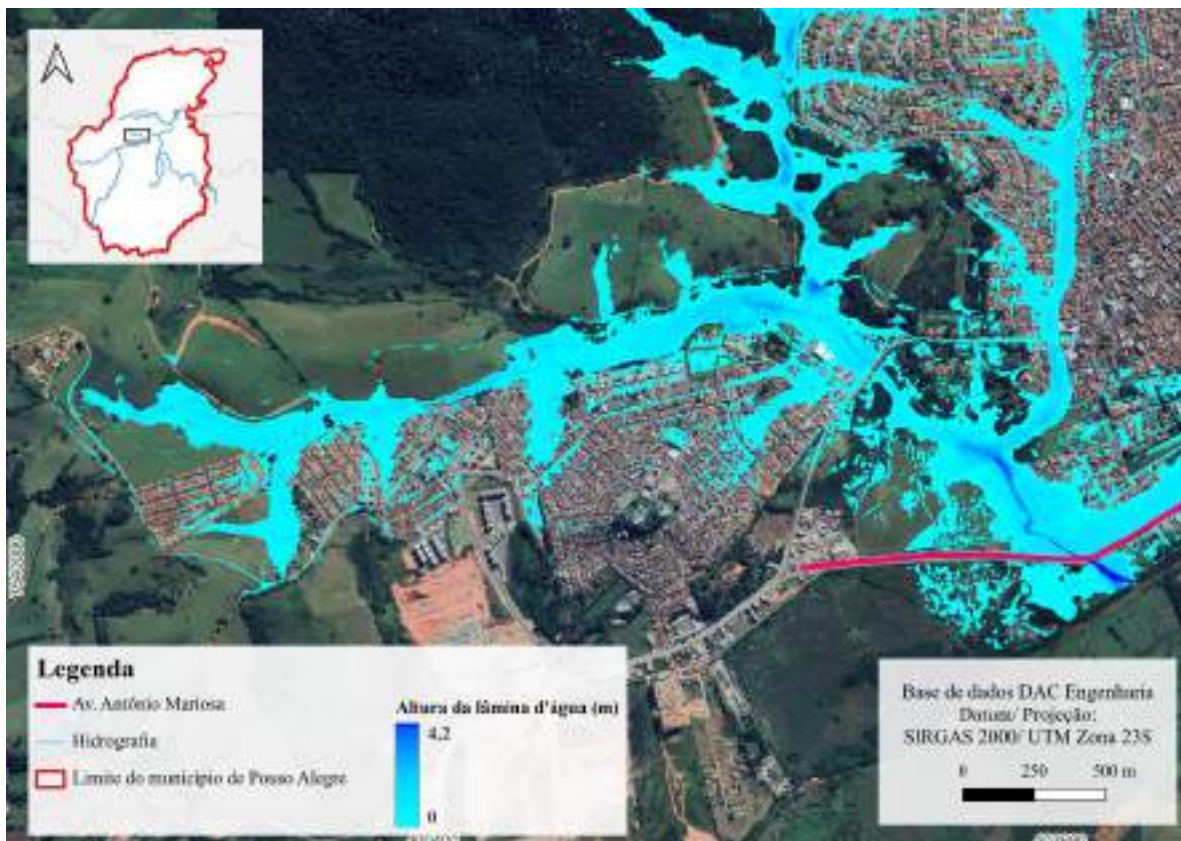


Figura 35 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 100

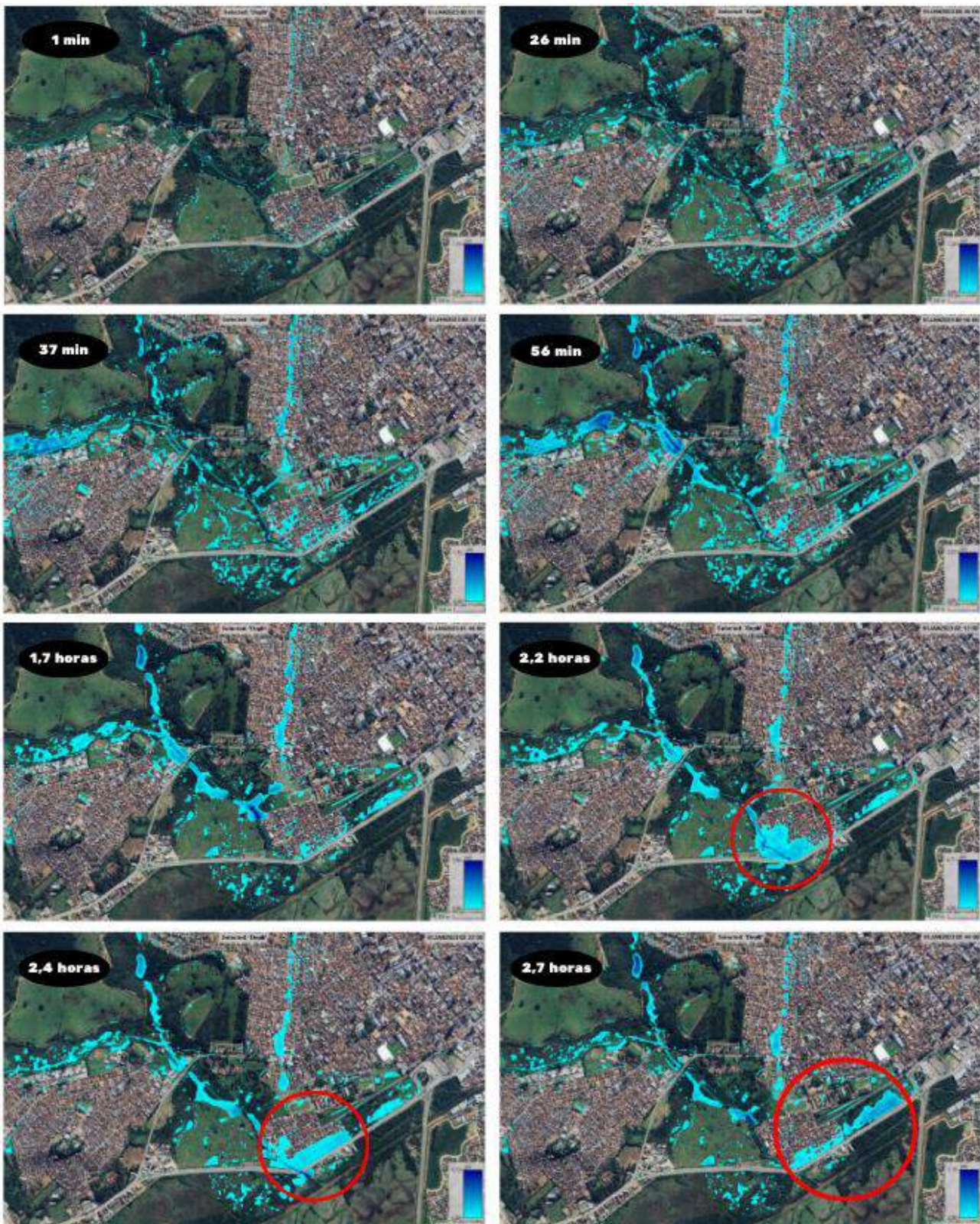


Figura 36 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 100 (Cena 1)

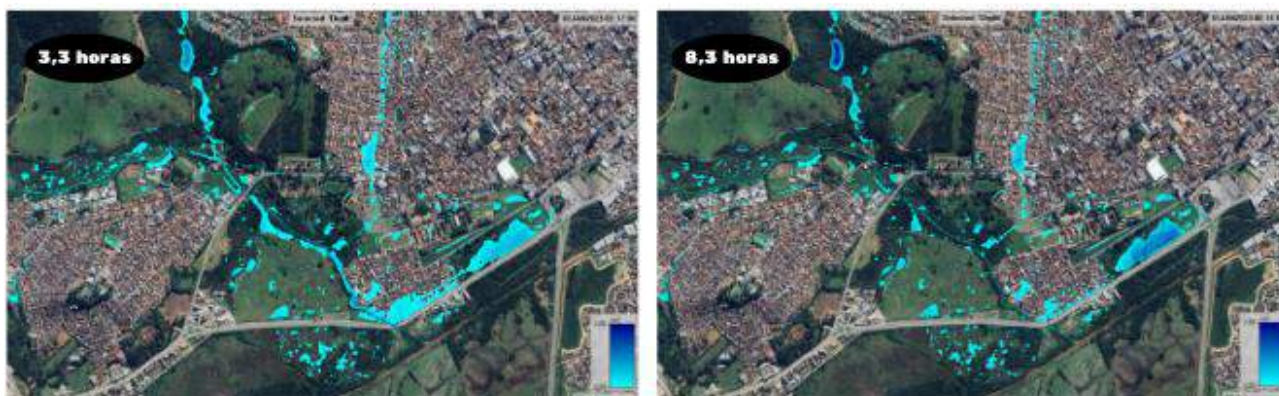


**Figura 37 – Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego da Remonta – TR 100 (Cena 2)**

Com o intuito de entender a dinâmica de escoamento do córrego da Remonta, elaborou-se uma sequência do tempo de simulação, apresentada pela Figura 38 e Figura 39. Nos primeiros 28 minutos da simulação se observa somente eventos isolados de acúmulo pluvial, essa situação começa a mudar a partir do minuto 37 em que começa a existir um transbordamento de vazões da calha fluvial – na porção mais a montante do córrego. A incidência de inundações começa a se propagar no sentido do fluxo fluvial até alcançar os limites da Avenida Antônio Mariosa, onde acaba gerando um vórtice de retorno para o bairro Yara.



**Figura 38 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego da Remonta (TR 50)**

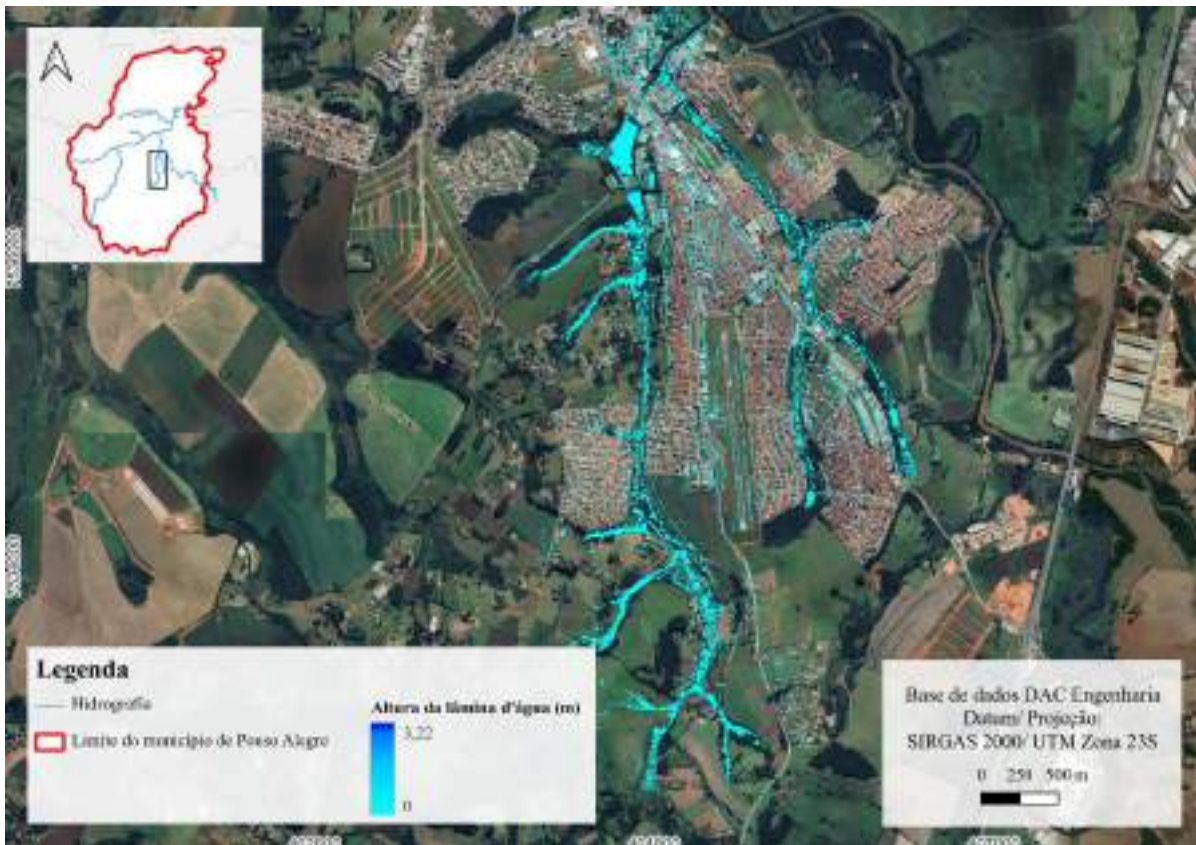


**Figura 39 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego da Remonta (TR 50) – Continuação**

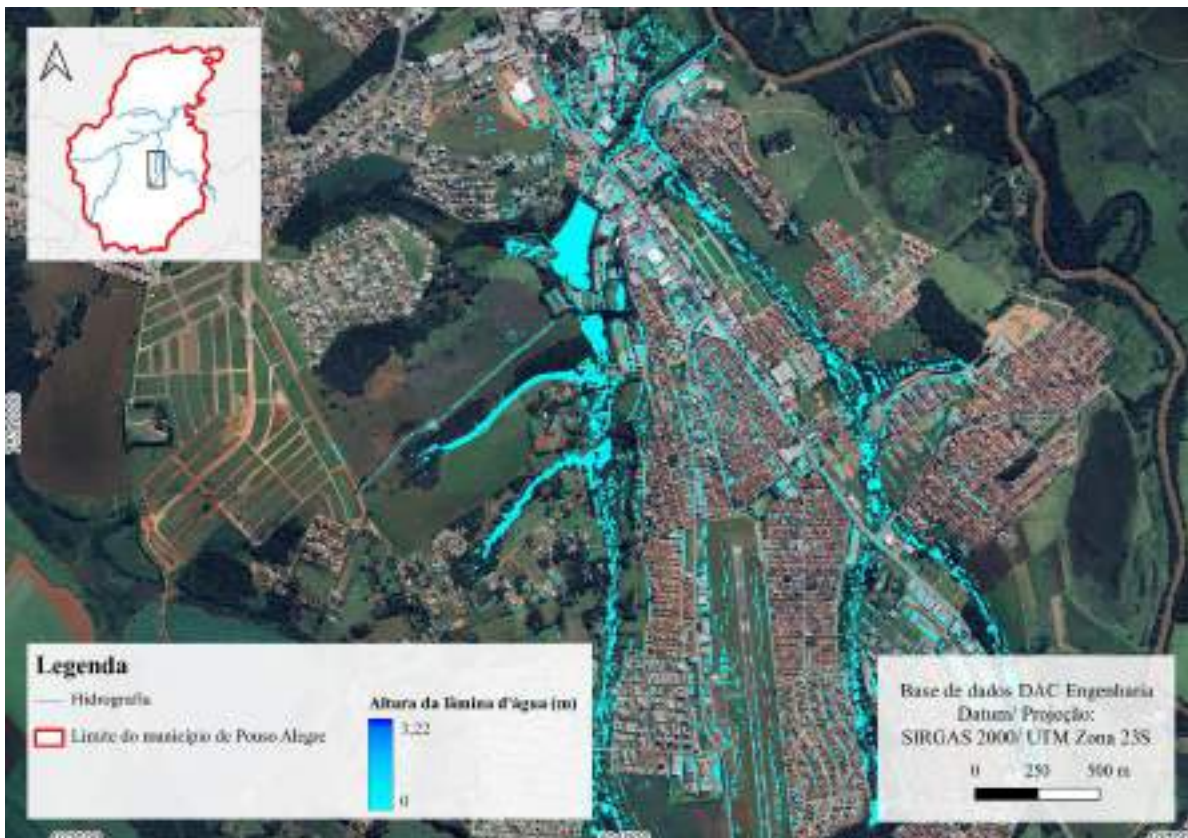
#### 1.2.4. Bacia do Córrego do Patinho

Para a simulação das áreas de acúmulo hidráulico do córrego do Patinho, os valores de vazão utilizados como dados de entrada para as sub-bacias foram obtidos por meio dos hidrogramas de projeto. Na área de análise, a precipitação foi considerada como parâmetro para definir a vazão. A bacia foi organizada dessa maneira com o intuito de observar como o aumento das cheias afeta as regiões por onde o córrego passa.

O córrego do Patinho, assim como seu afluente córrego São Cristóvão, margeia áreas urbanizadas do município, se destacando o bairro Jardim Aeroporto e o Condomínio Parque Real.



**Figura 40 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 5**



**Figura 41 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 5 (Cena 1)**

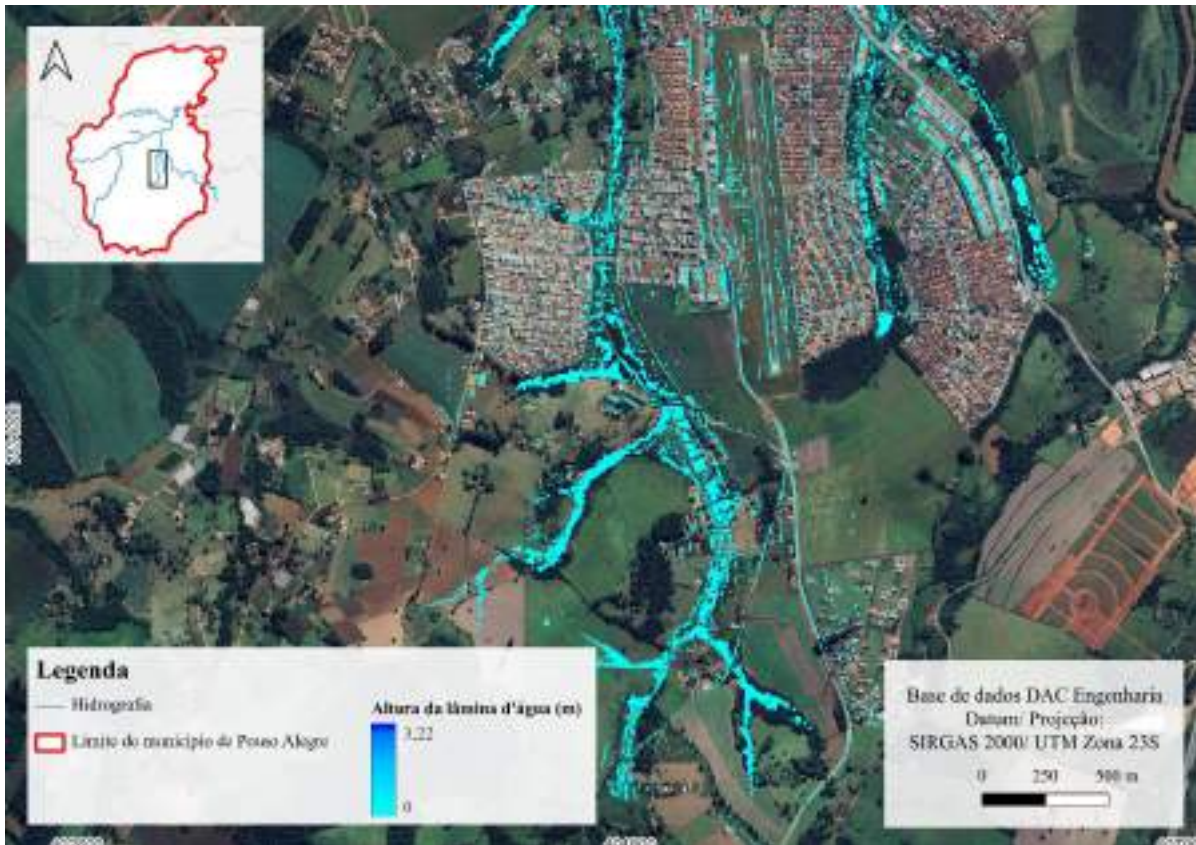


Figura 42 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 5 (Cena 2)



Figura 43 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 10

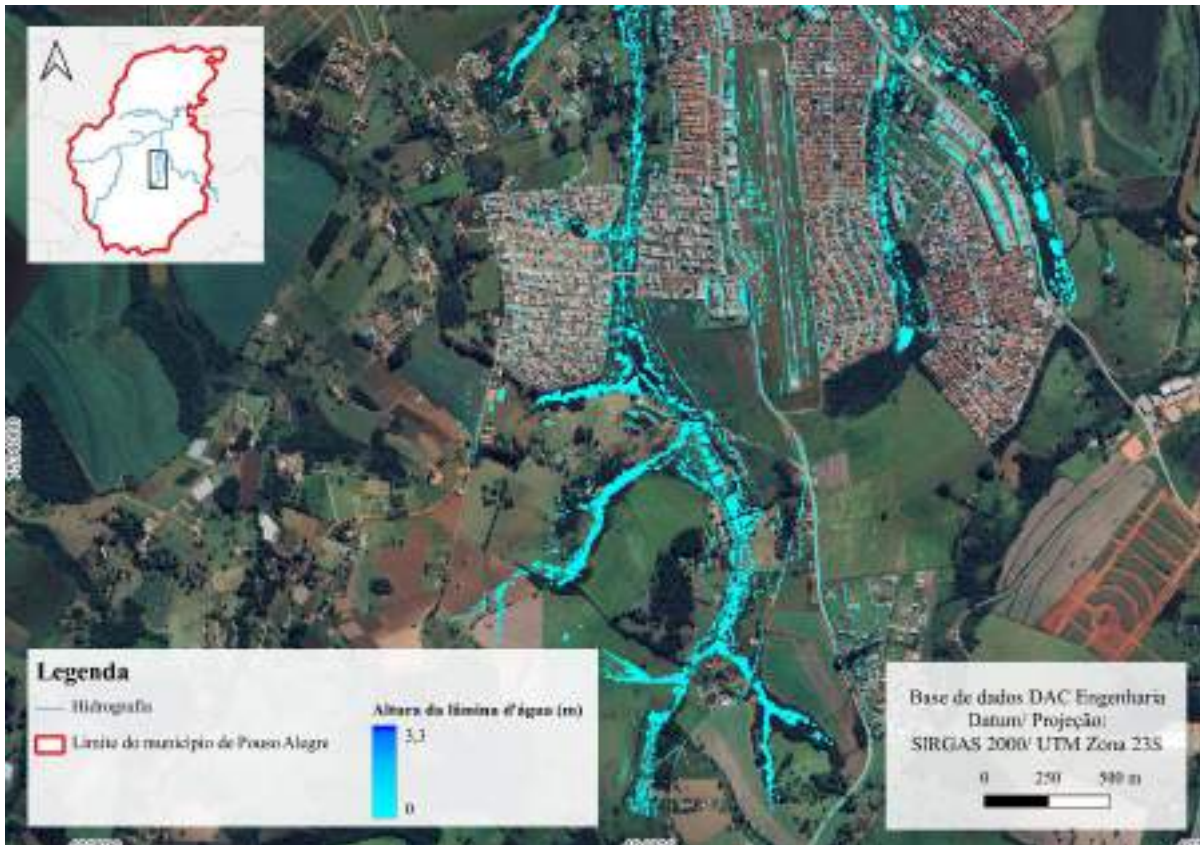


Figura 44 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 10 (Cena 1)

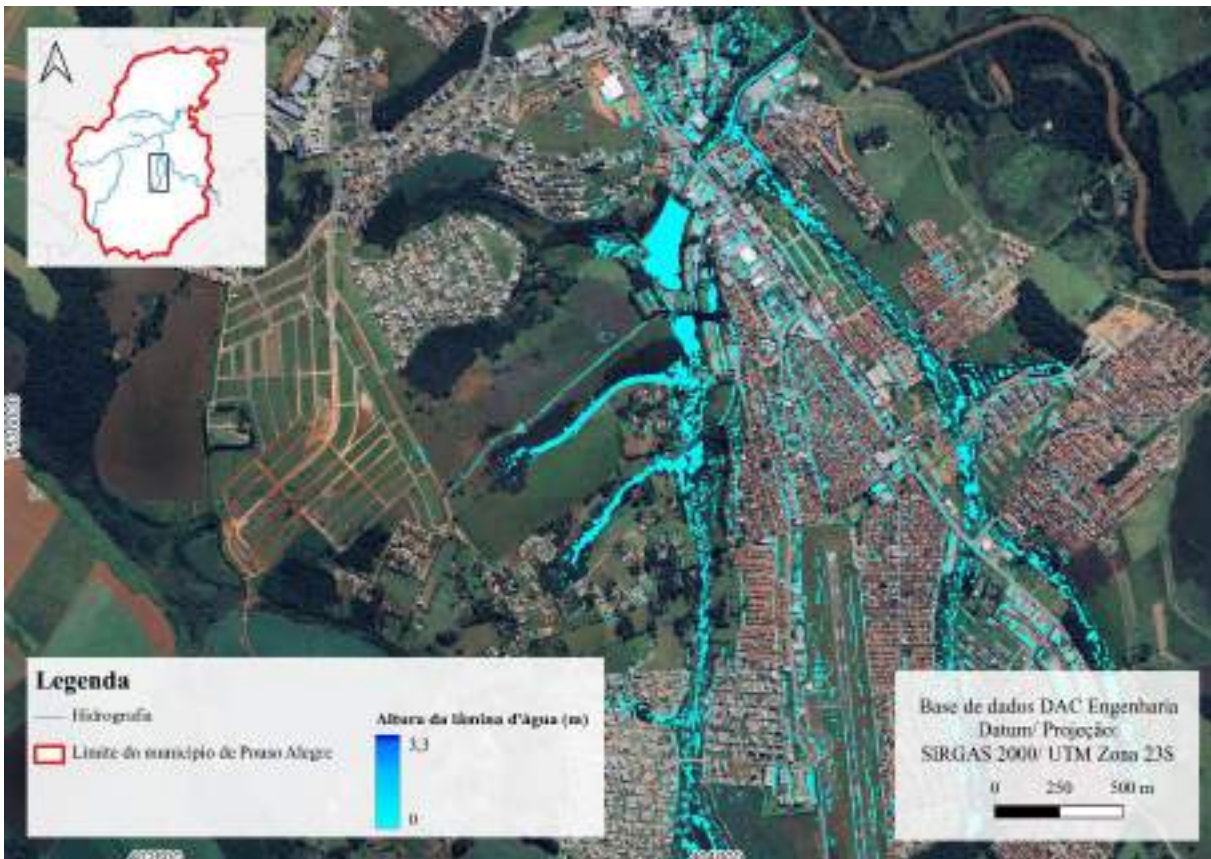
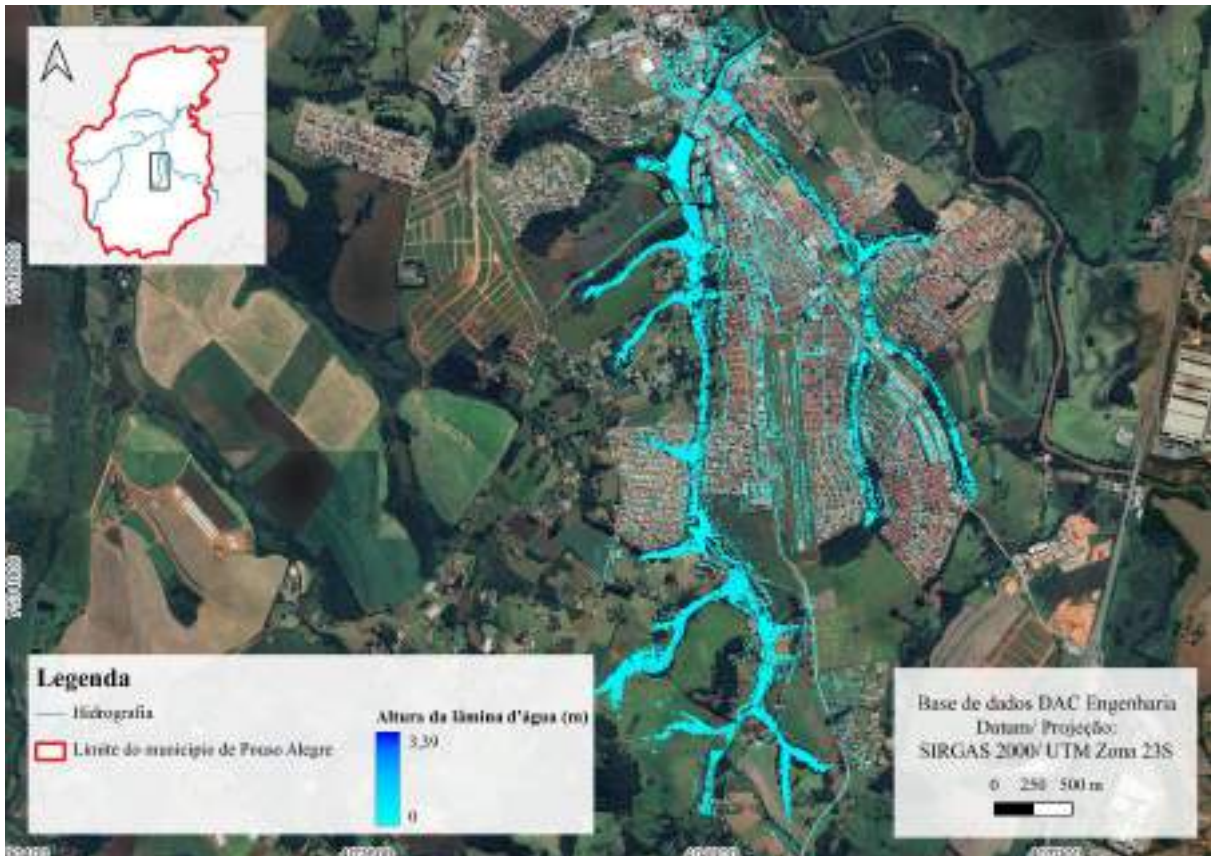
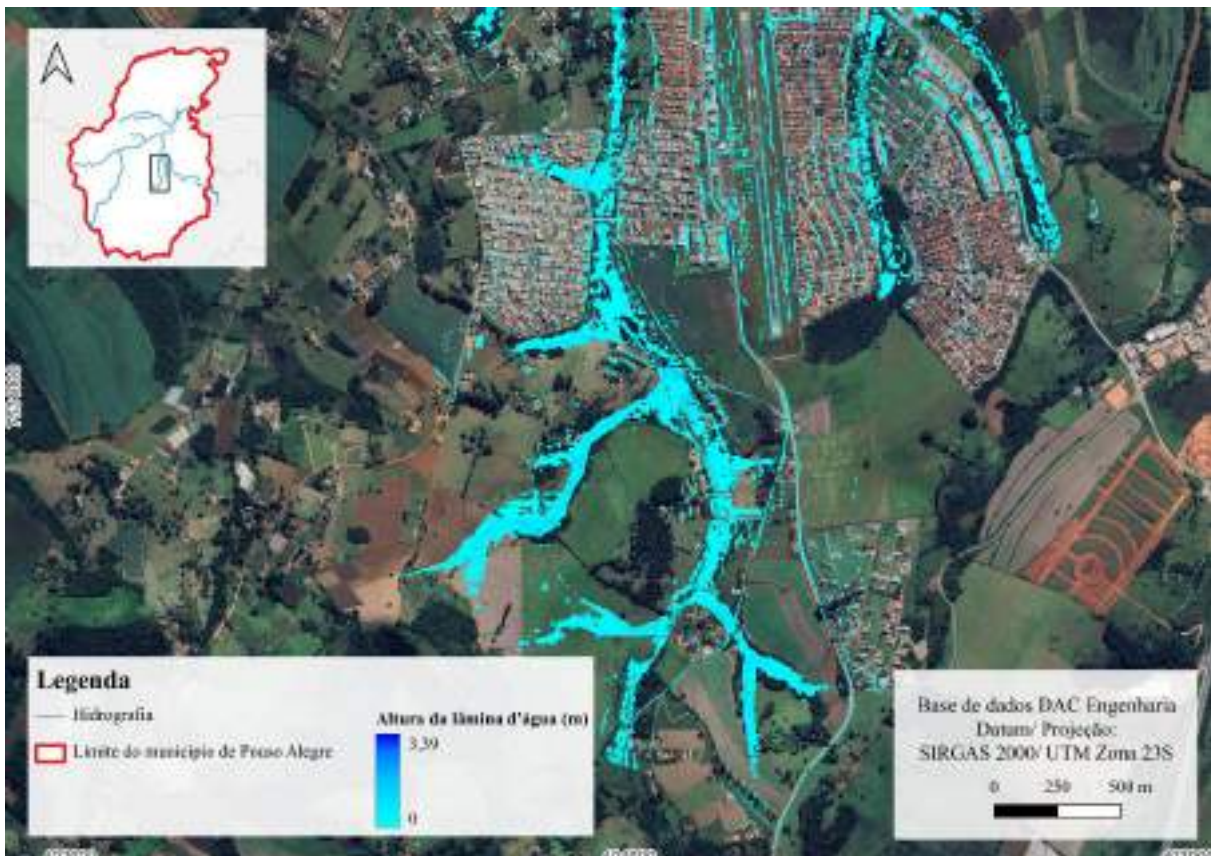


Figura 45 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 10 (Cena 2)



**Figura 46 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 25**



**Figura 47 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 25 (Cena 1)**

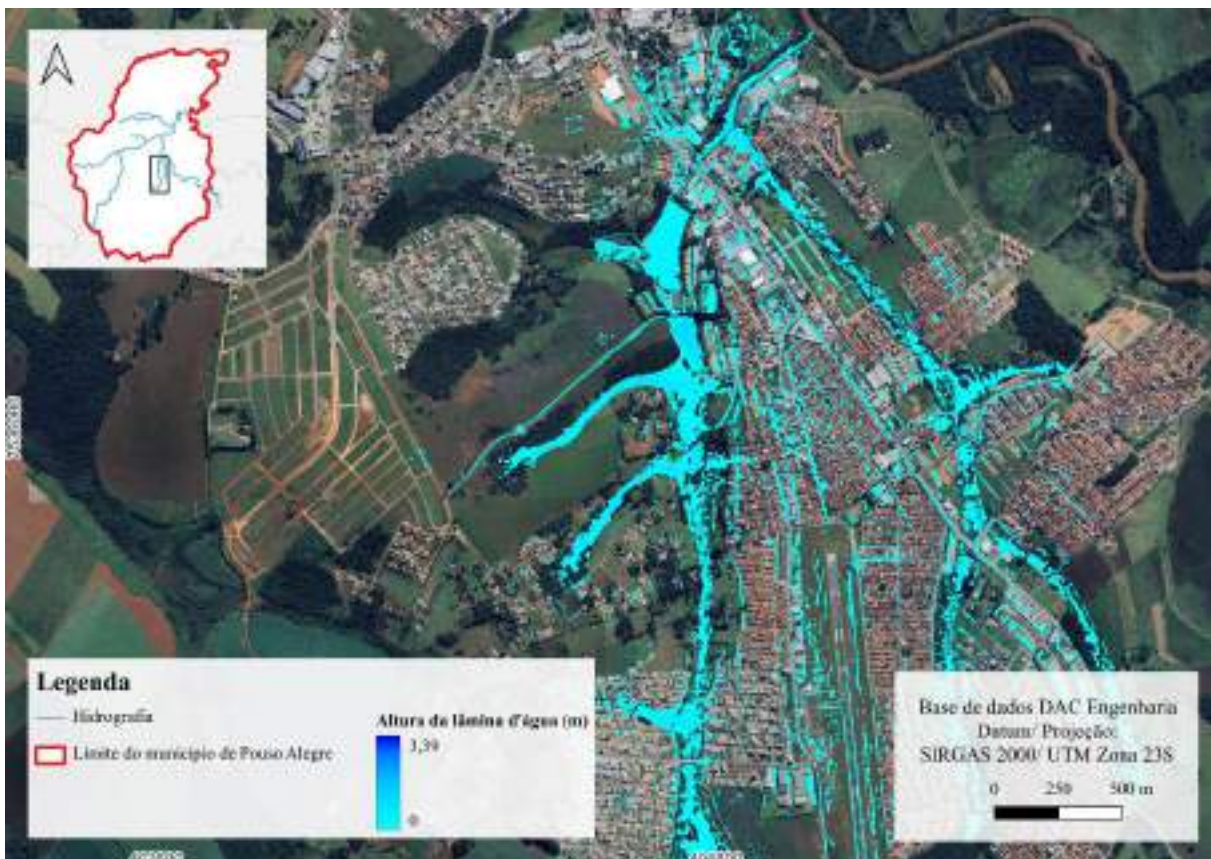


Figura 48 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 25 (Cena 2)

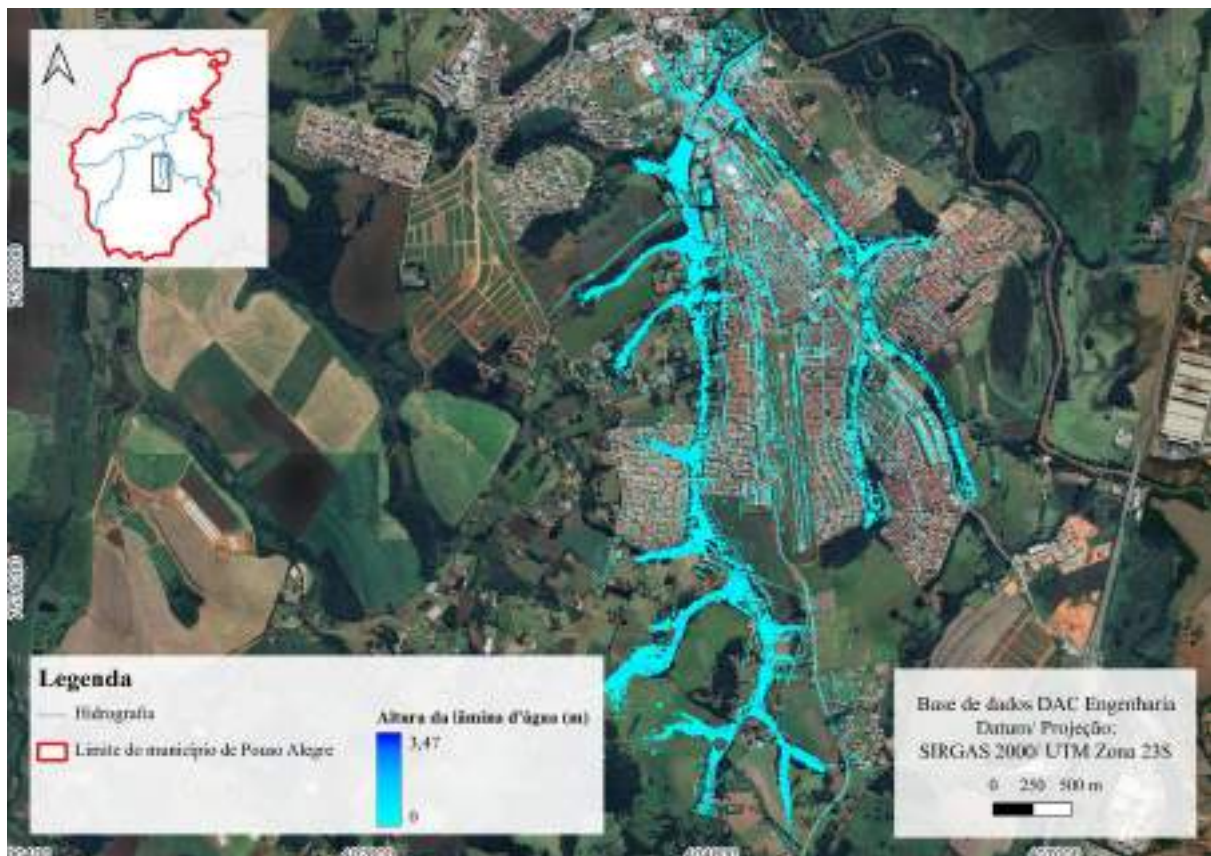


Figura 49 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 50

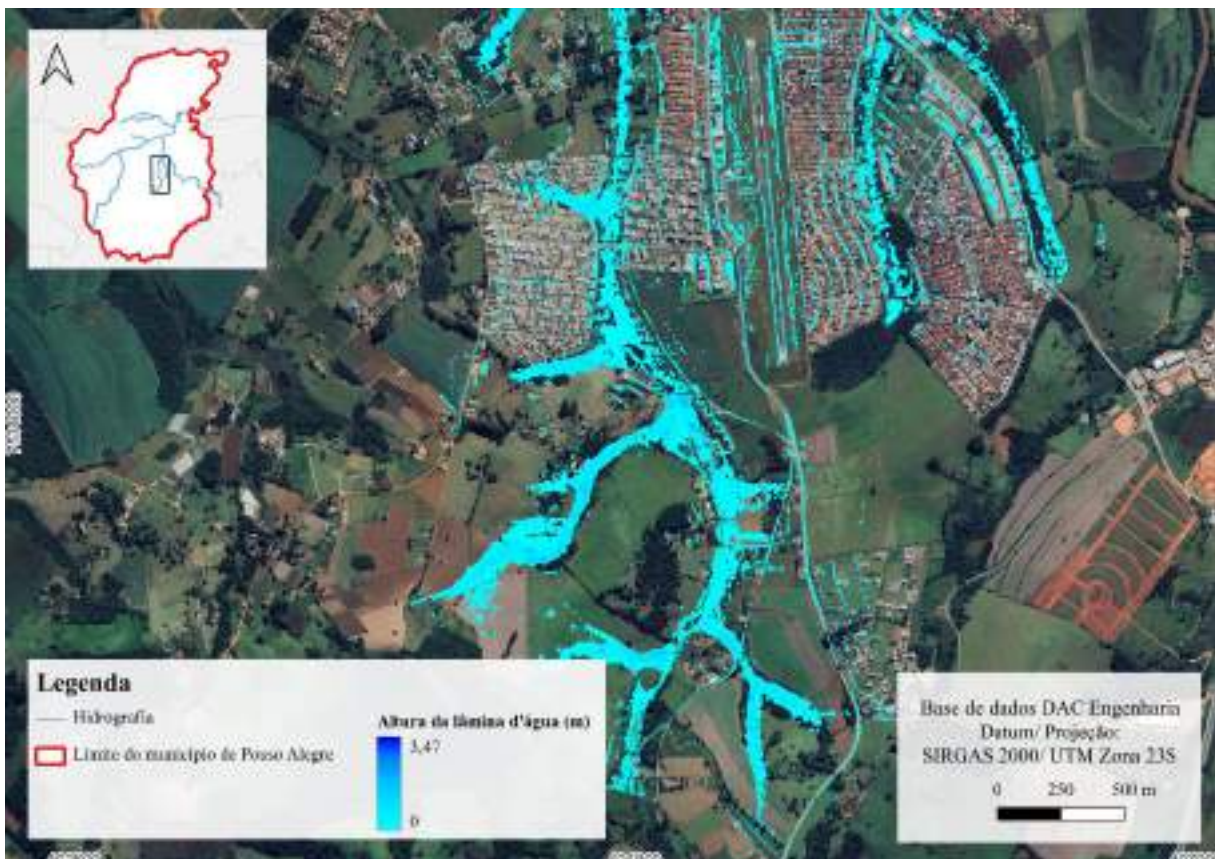


Figura 50 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 50 (Cena 1)

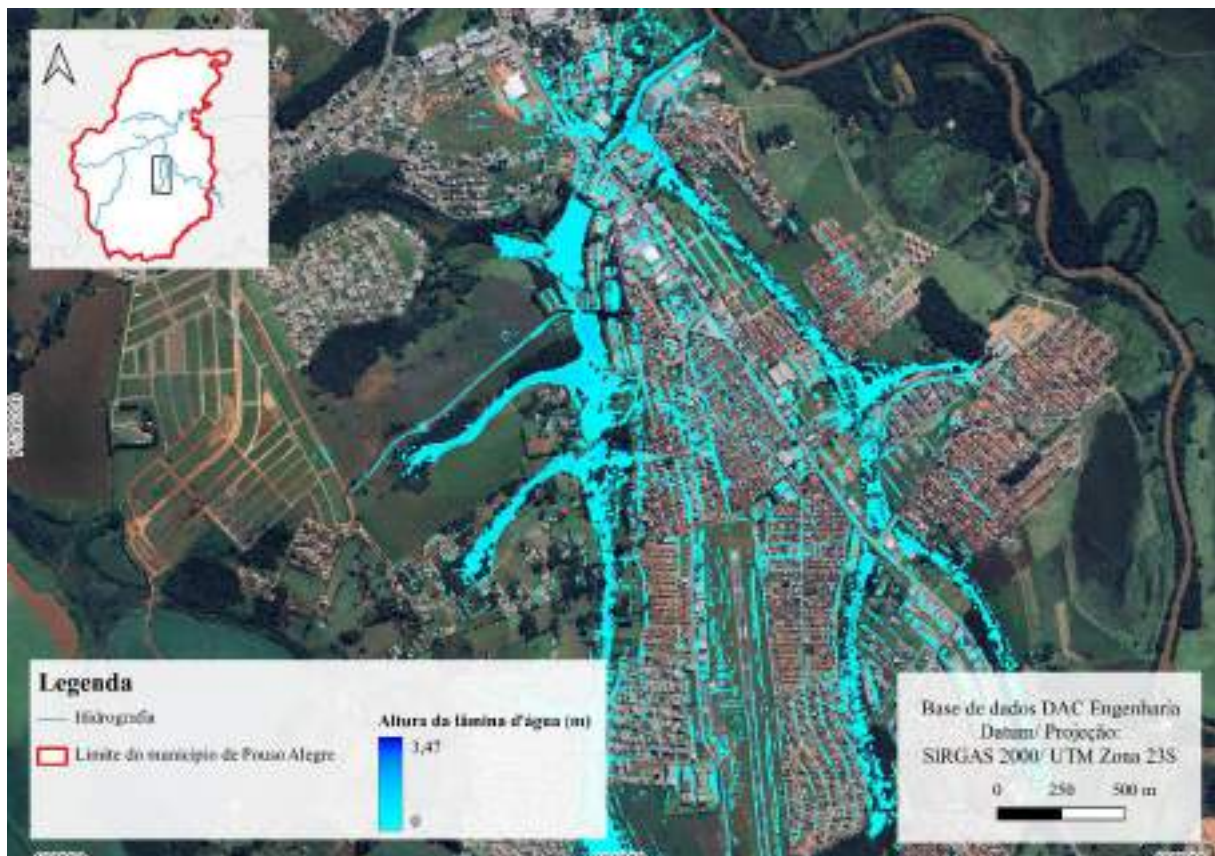
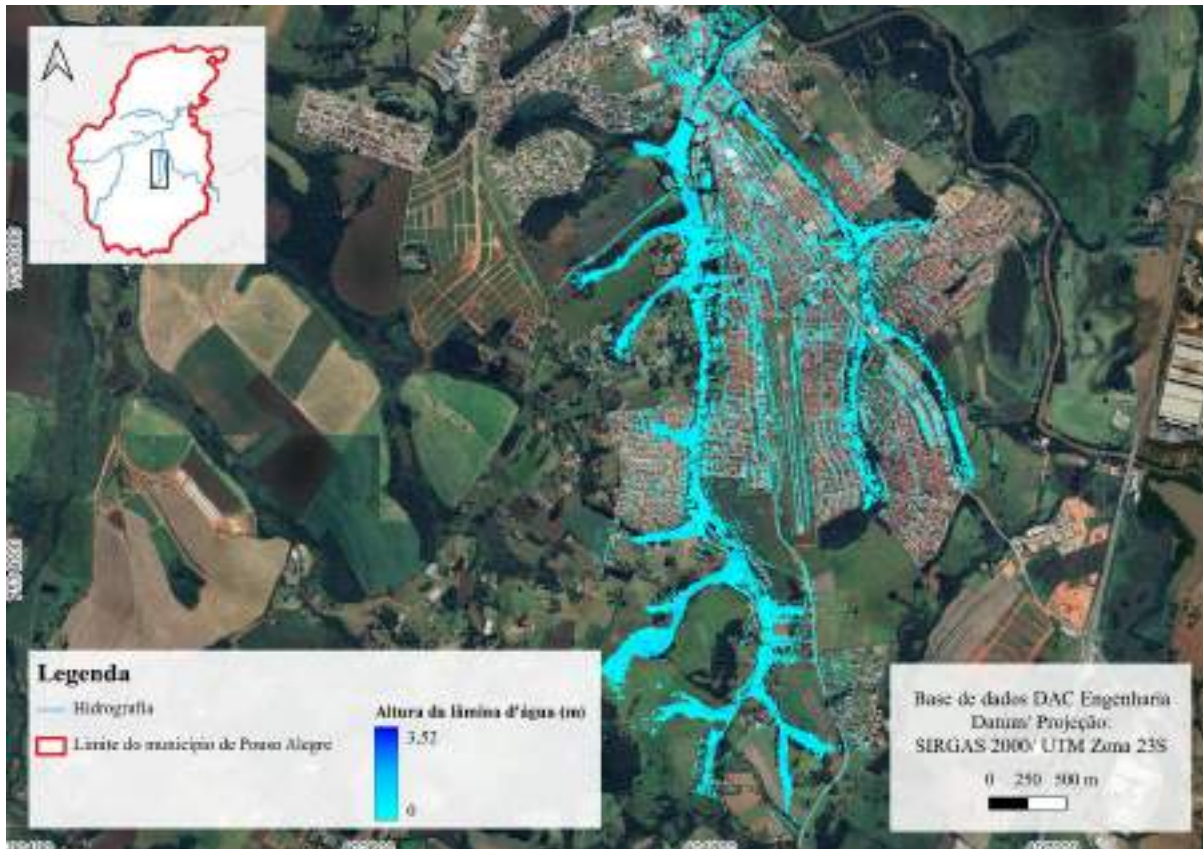
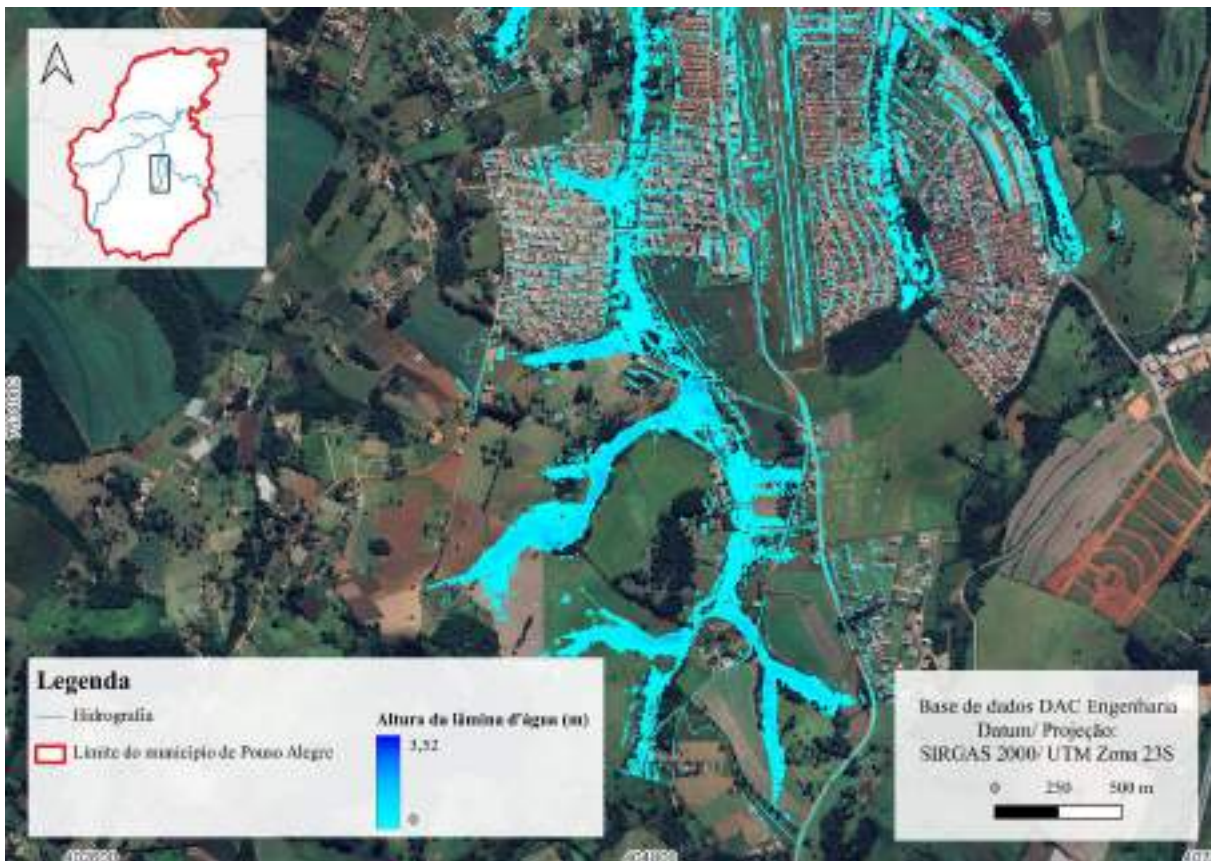


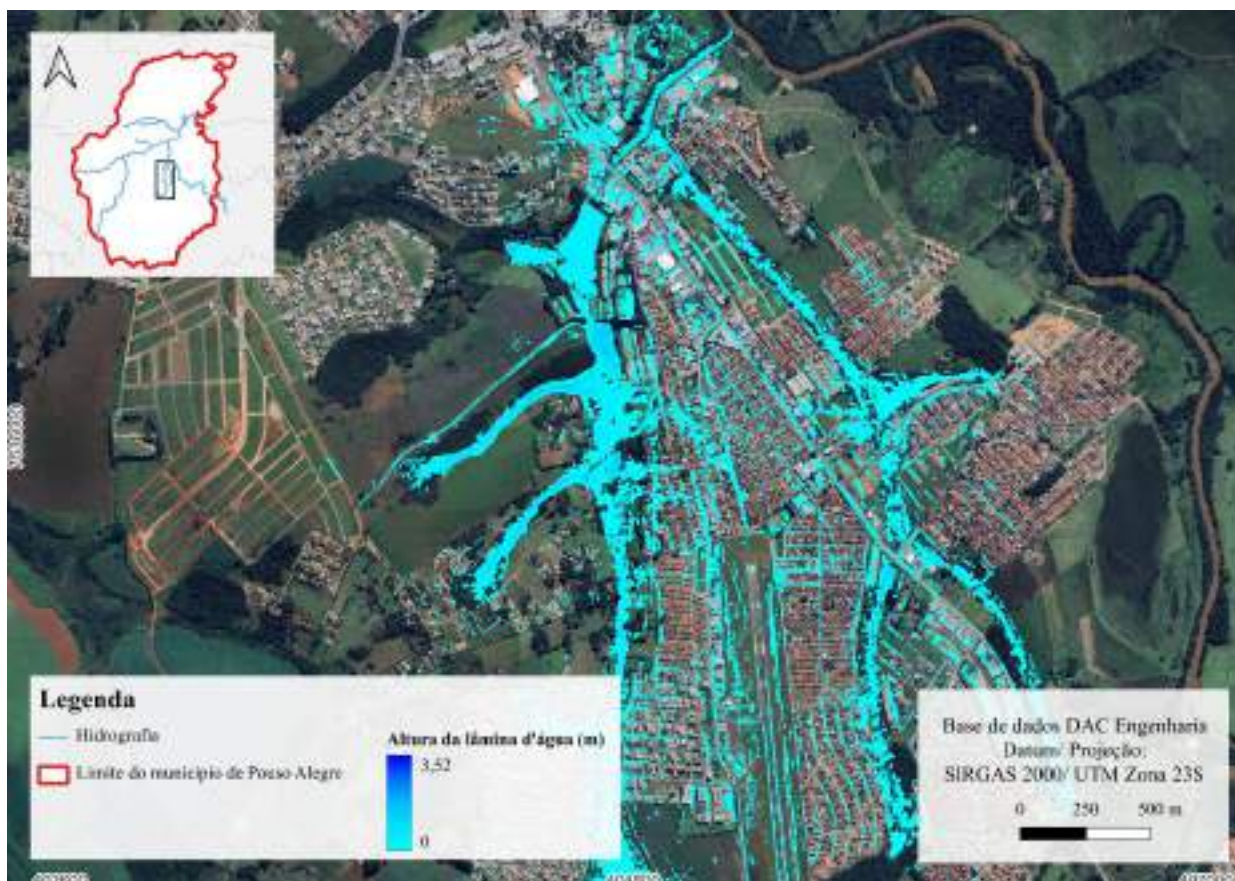
Figura 51 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 50 (Cena 2)



**Figura 52 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 100**

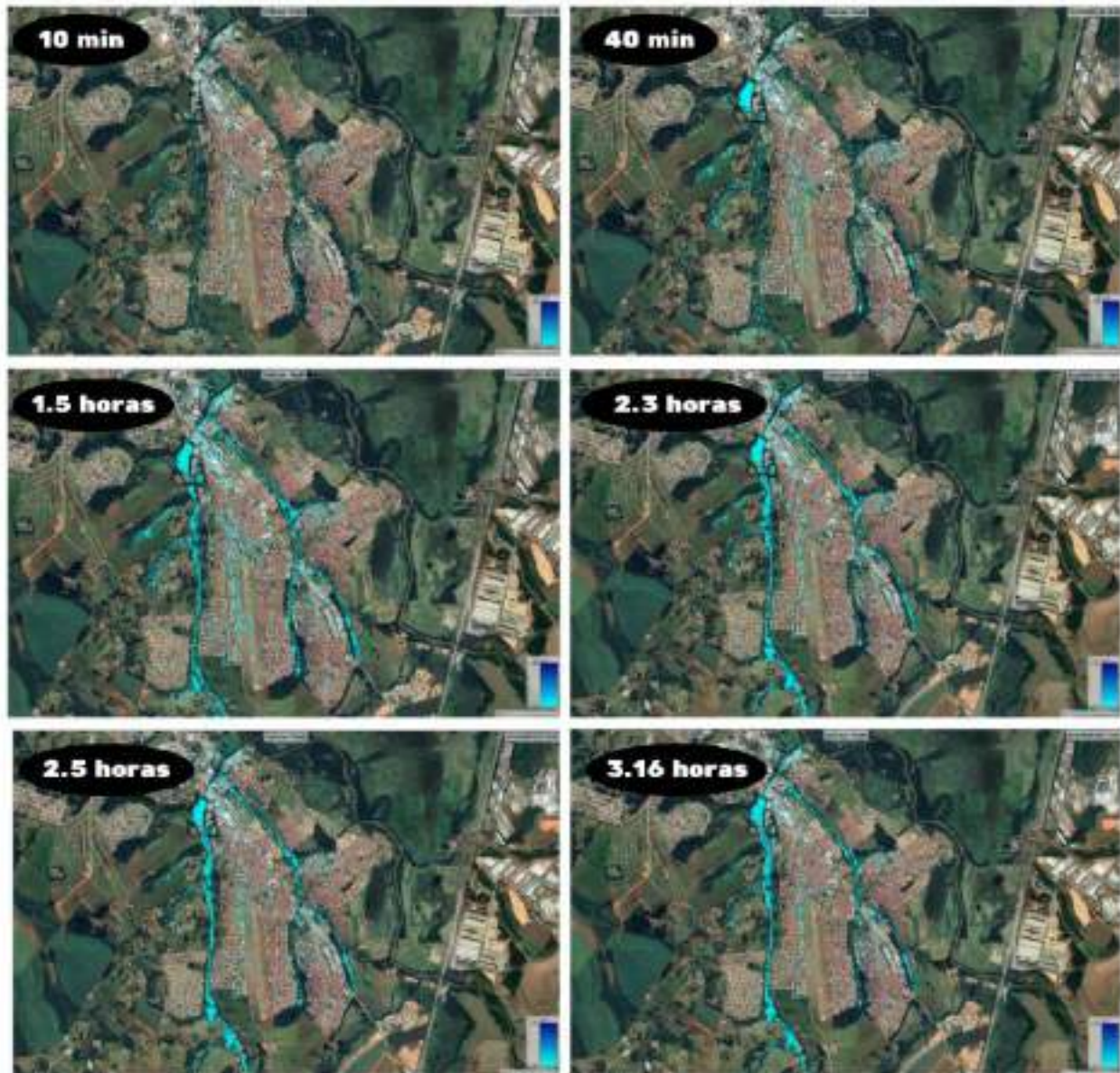


**Figura 53 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 100 (Cena 1)**



**Figura 54 - Mancha de acúmulo hidráulico para o Córrego do Patinho – TR 100 (Cena 2)**

Visando uma melhor análise das manchas, a Figura 55 apresenta o acúmulo hidráulico do córrego do Patinho e São Cristóvão variando com o tempo. É possível observar que após uma hora e meia a situação das inundações e alagamentos começam a se agravar, principalmente próximas a lagoa do Clube de Campo Pouso Alegre. Também é possível visualizar diversos focos de alagamentos surgindo no Bairro Jardim Aeroporto, até mesmo em meio a pista de decolagem do Aeroporto Regional de Pouso Alegre.



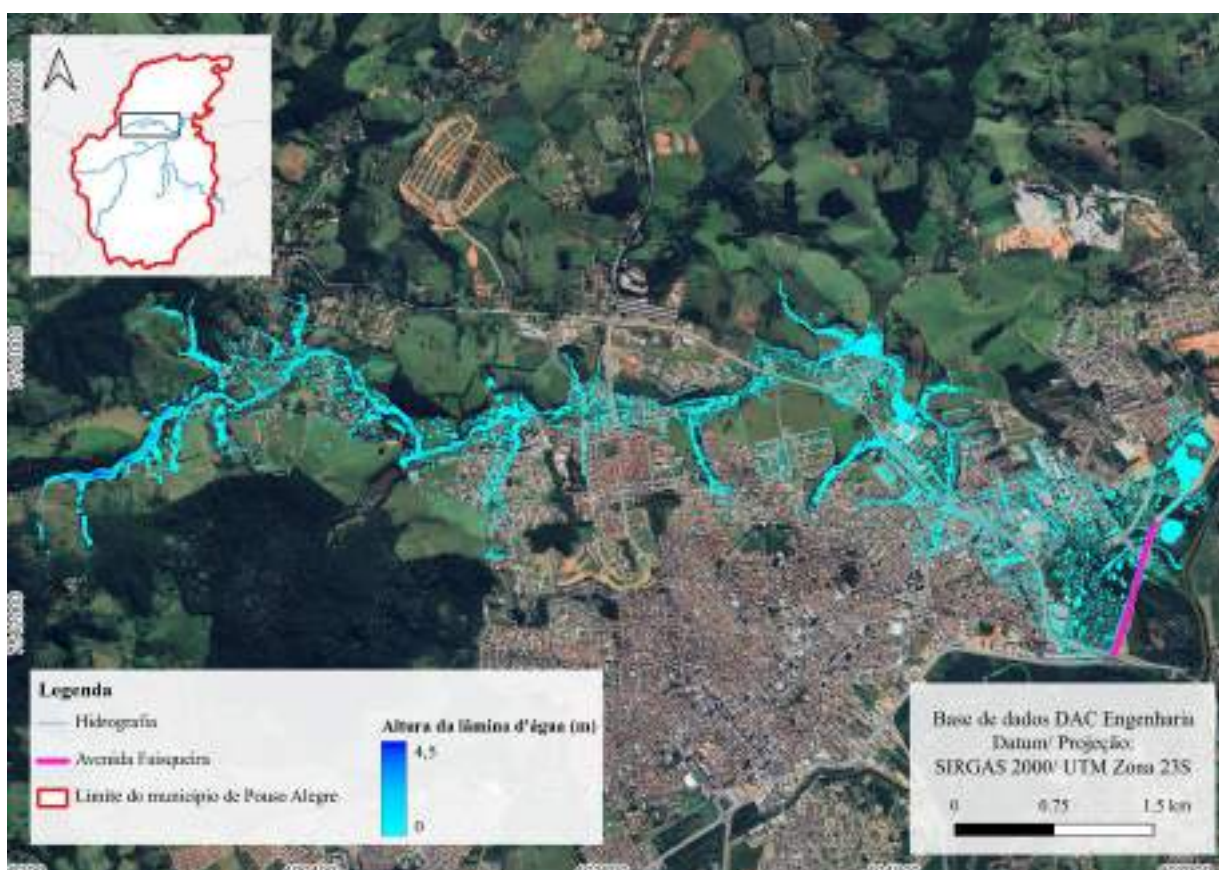
**Figura 55 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Córrego do Patinho (TR 50)**

### 1.2.5. Bacia do Ribeirão das Mortes

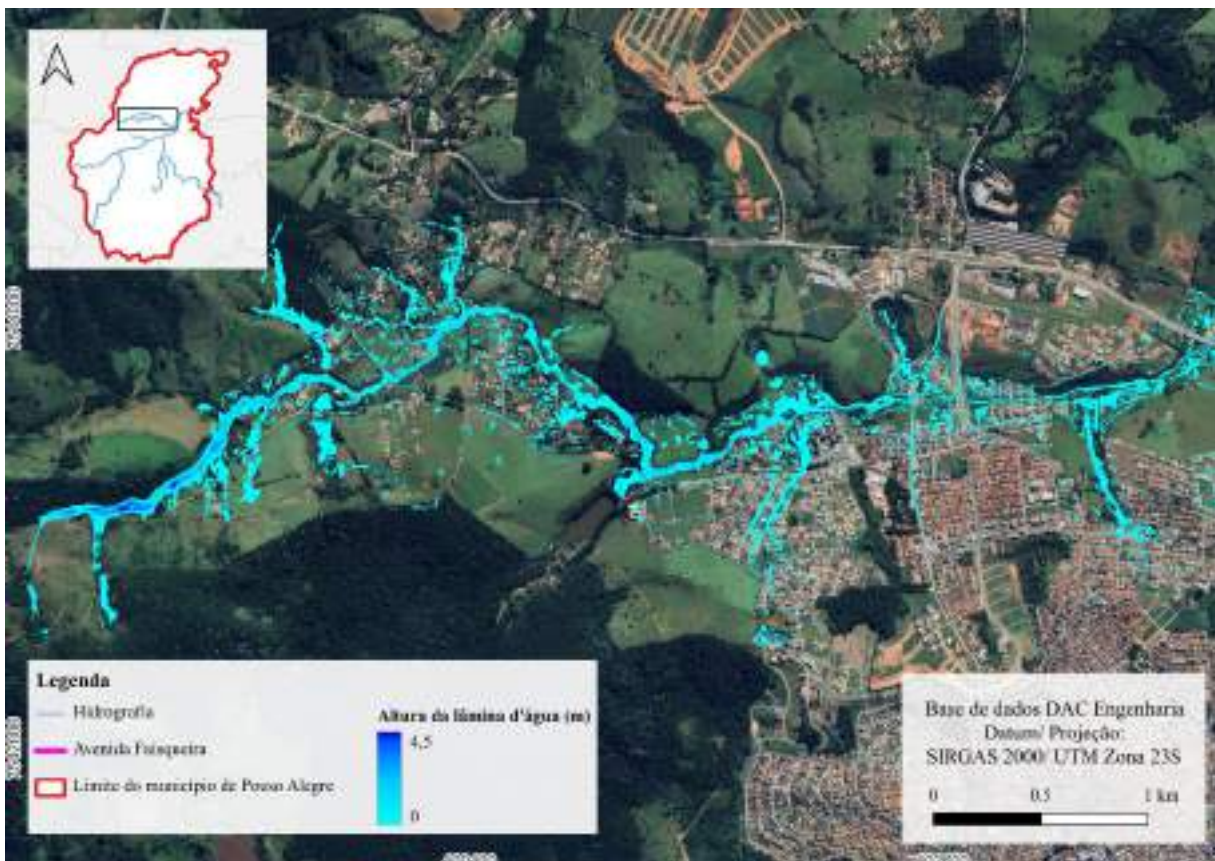
Para simulação das manchas de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes foi utilizado como dado de entrada para as sub-bacias os valores de vazão obtidos pelo hidrogramas de projeto, já na área de análise considerou-se a precipitação como entrada de vazão. A bacia foi considerada dessa maneira a fim de se observar como o crescimento da cheia afeta as áreas pela qual o ribeirão passa. O curso d'água do ribeirão corta a porção norte do município, sendo sua área de drenagem composta pelos bairros Santa Edwiges, Fernandes, Ribeirão das Mortes, Pousada do Sol, Cantagalo, Fatima III e Faisqueira. Esses

bairros são afetados diretamente pela drenagem do rio, podendo ser afetados por pontos de alagamento e de inundação, dependendo da intensidade e da duração da precipitação.

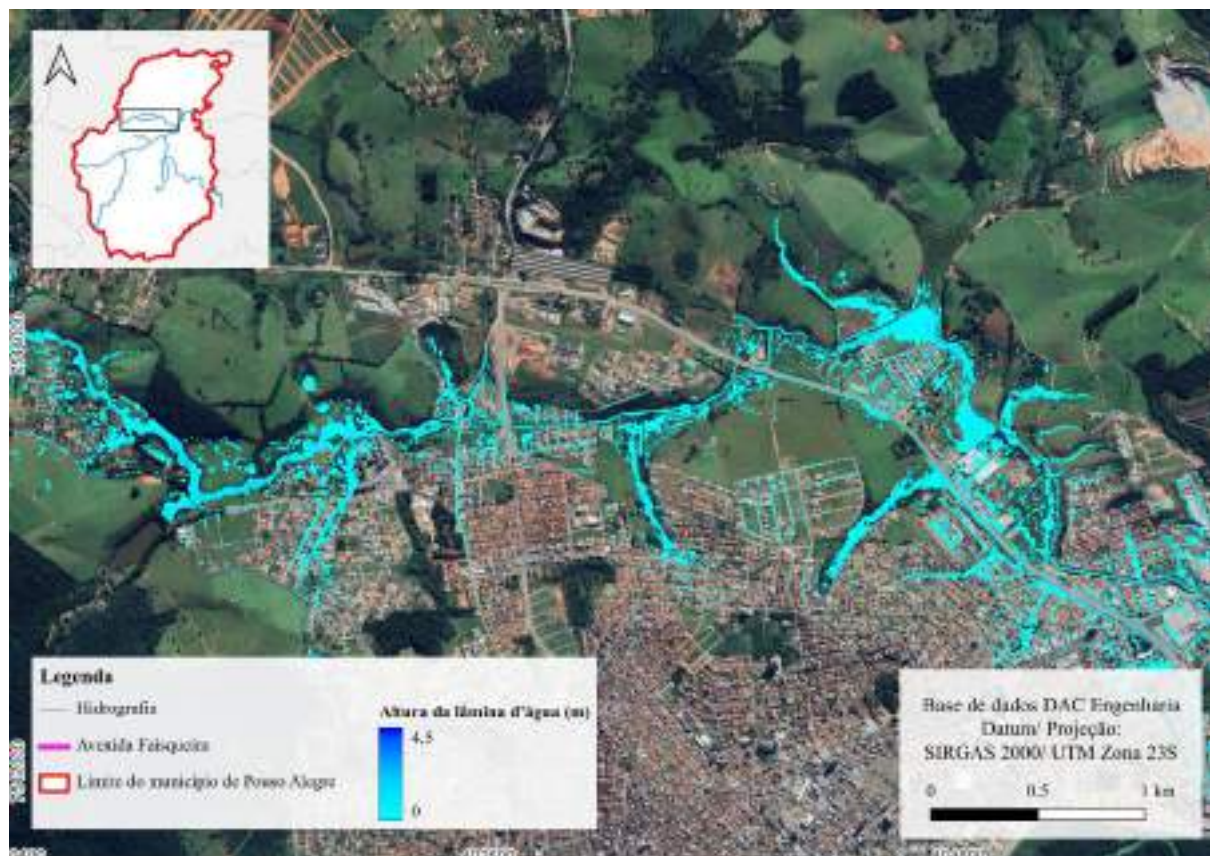
Assim, como feito posteriormente, as manchas foram obtidas para cada um dos tempos de retorno considerado (Figura 35 a Figura 50). Sendo assim possível a visualização do desenvolvimento da mancha com o aumento de vazão e de cota. O que facilita o entendimento das áreas ocupadas que são afetadas e quais áreas que não devem ser edificadas devido a seu potencial de inundação.



**Figura 56 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5**



**Figura 57 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5 (Cena 1)**



**Figura 58 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5 (Cena 2)**

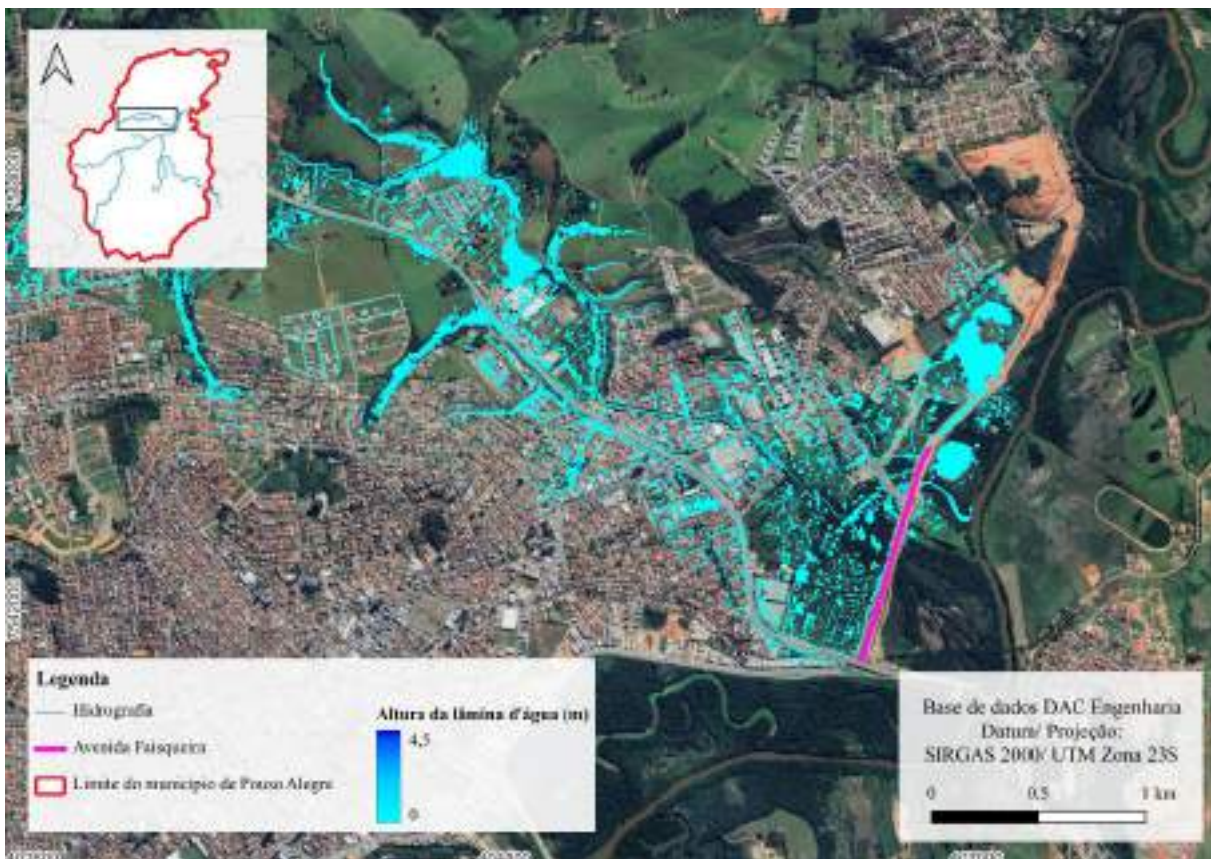


Figura 59 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 5 (Cena 3)

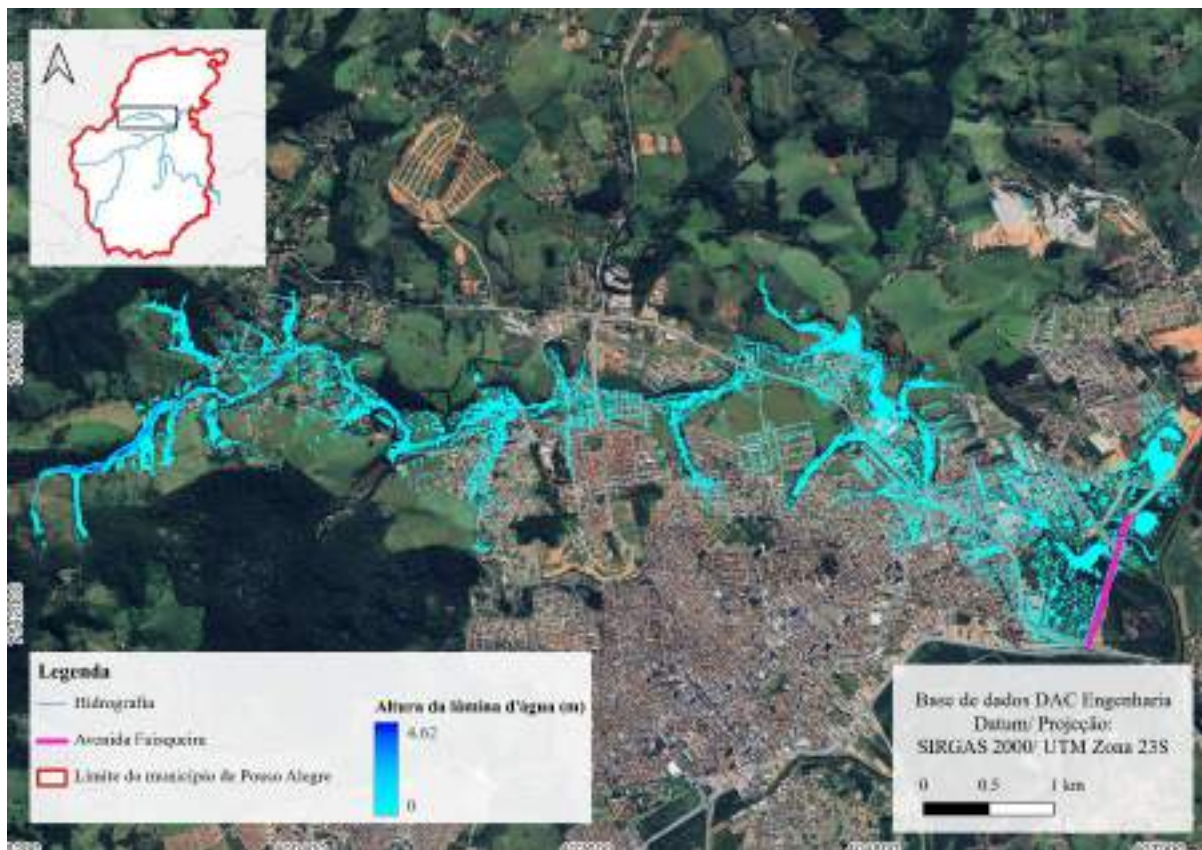


Figura 60 – Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR10

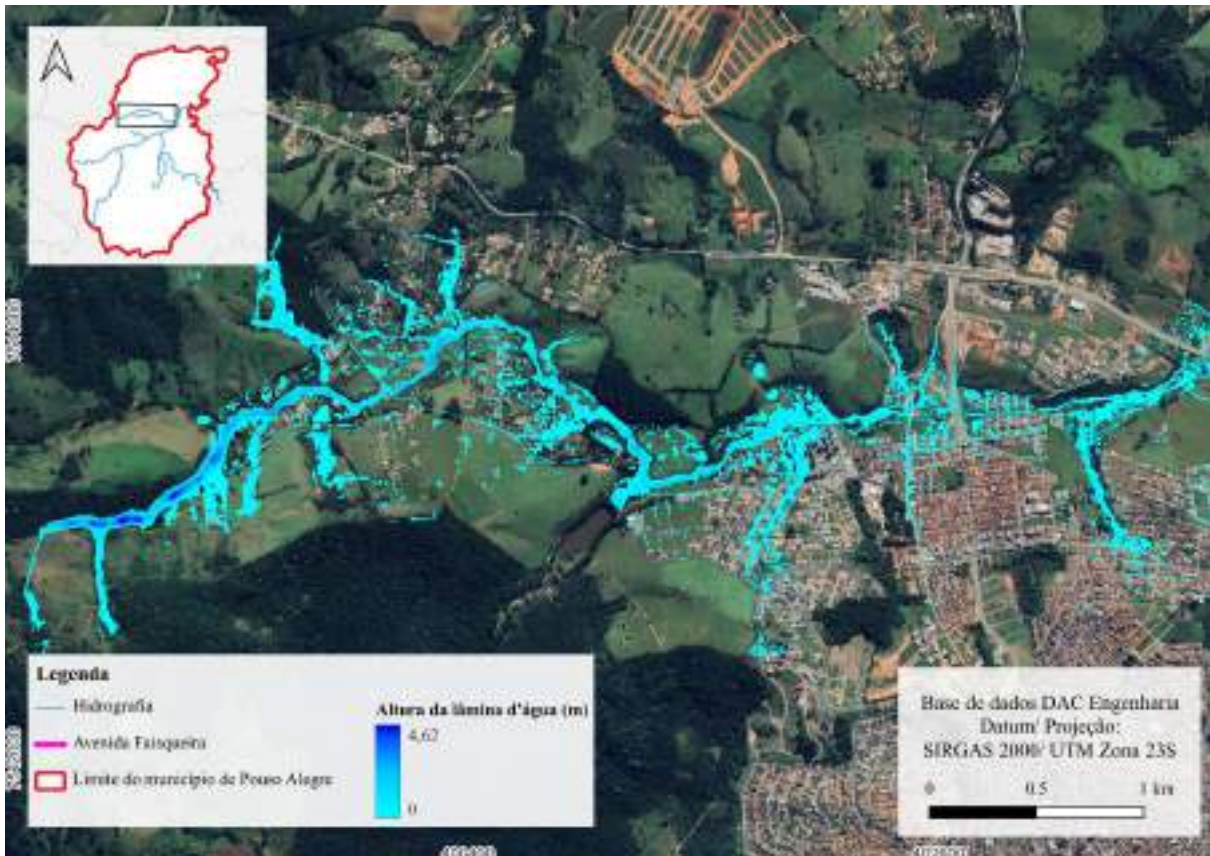


Figura 61 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 10 (Cena 1)

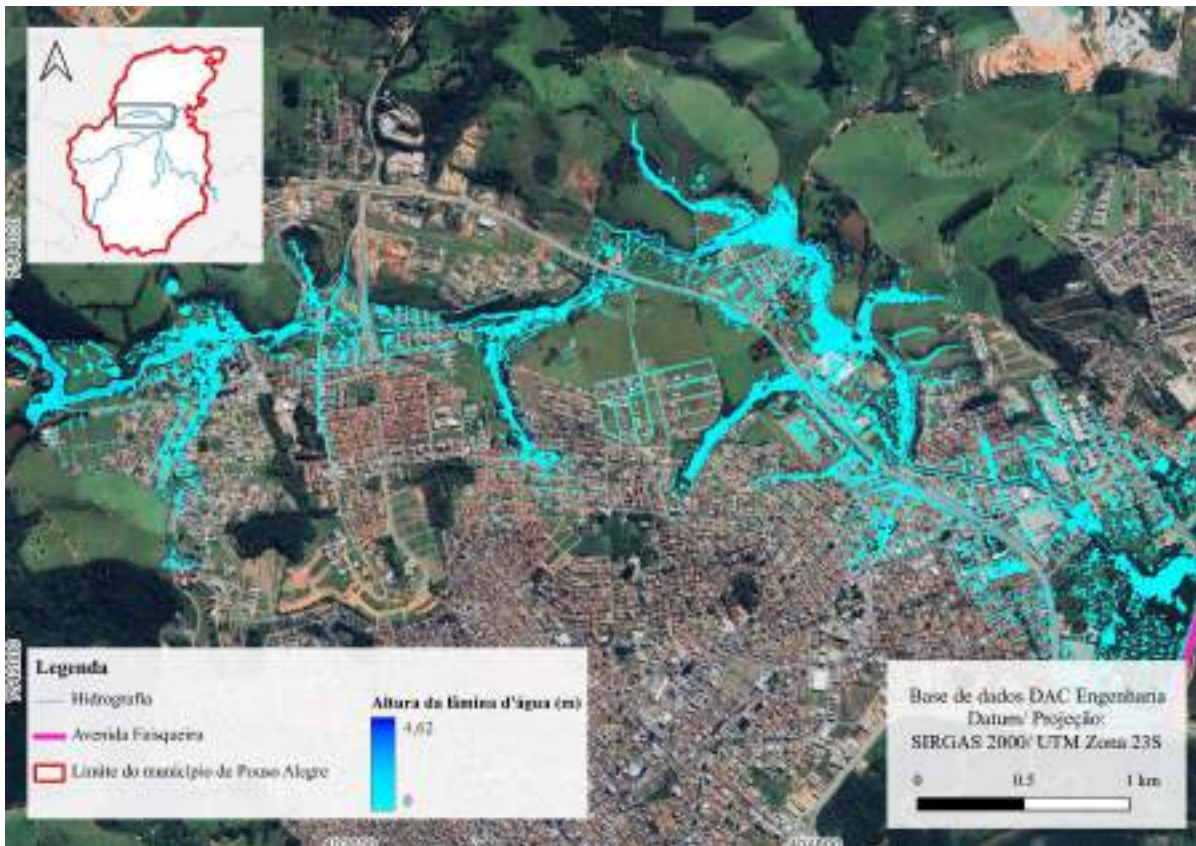
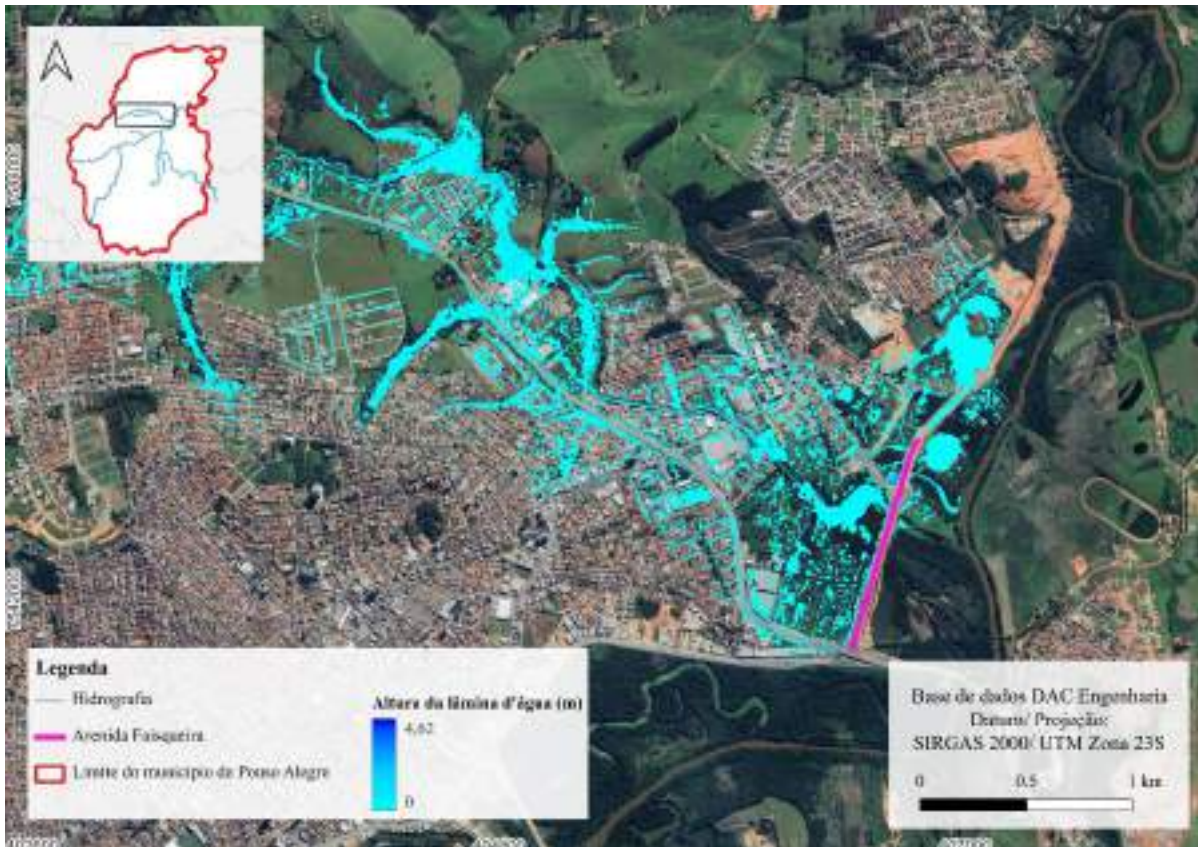
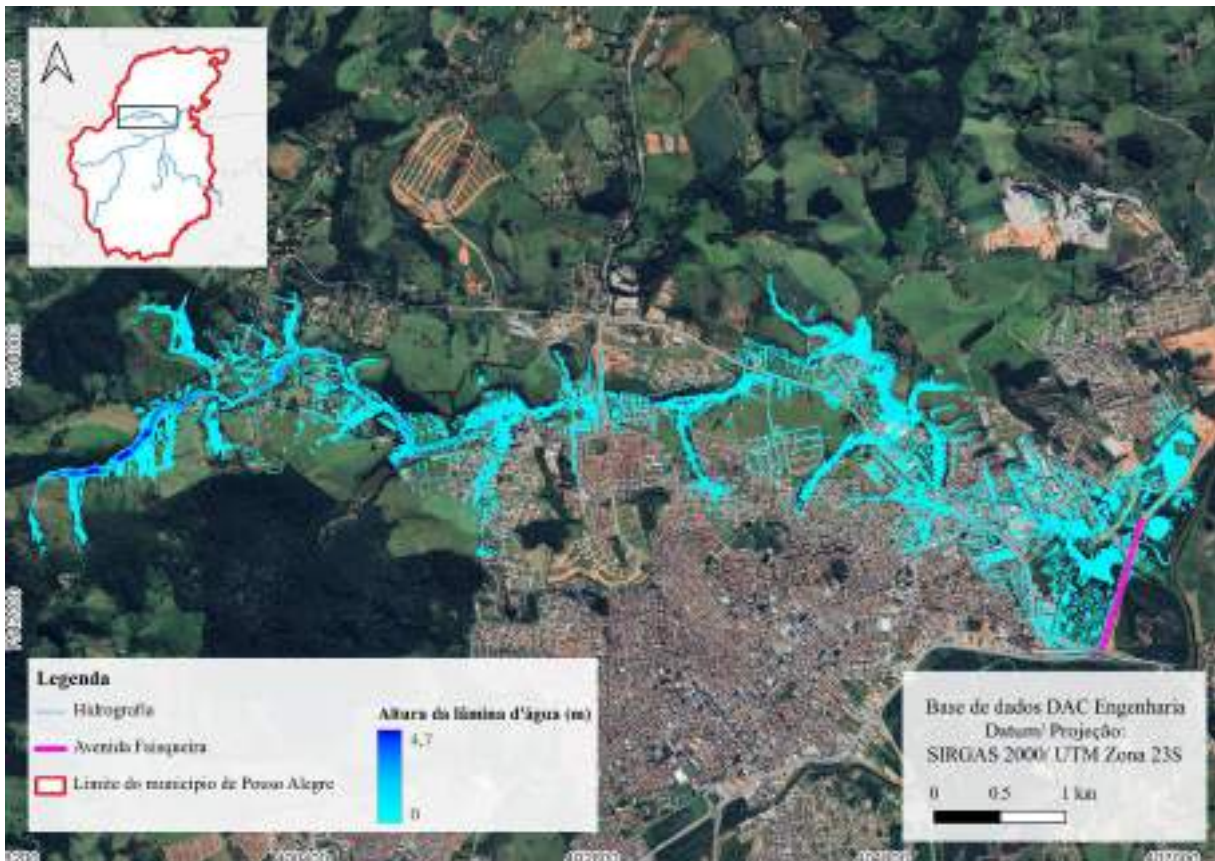


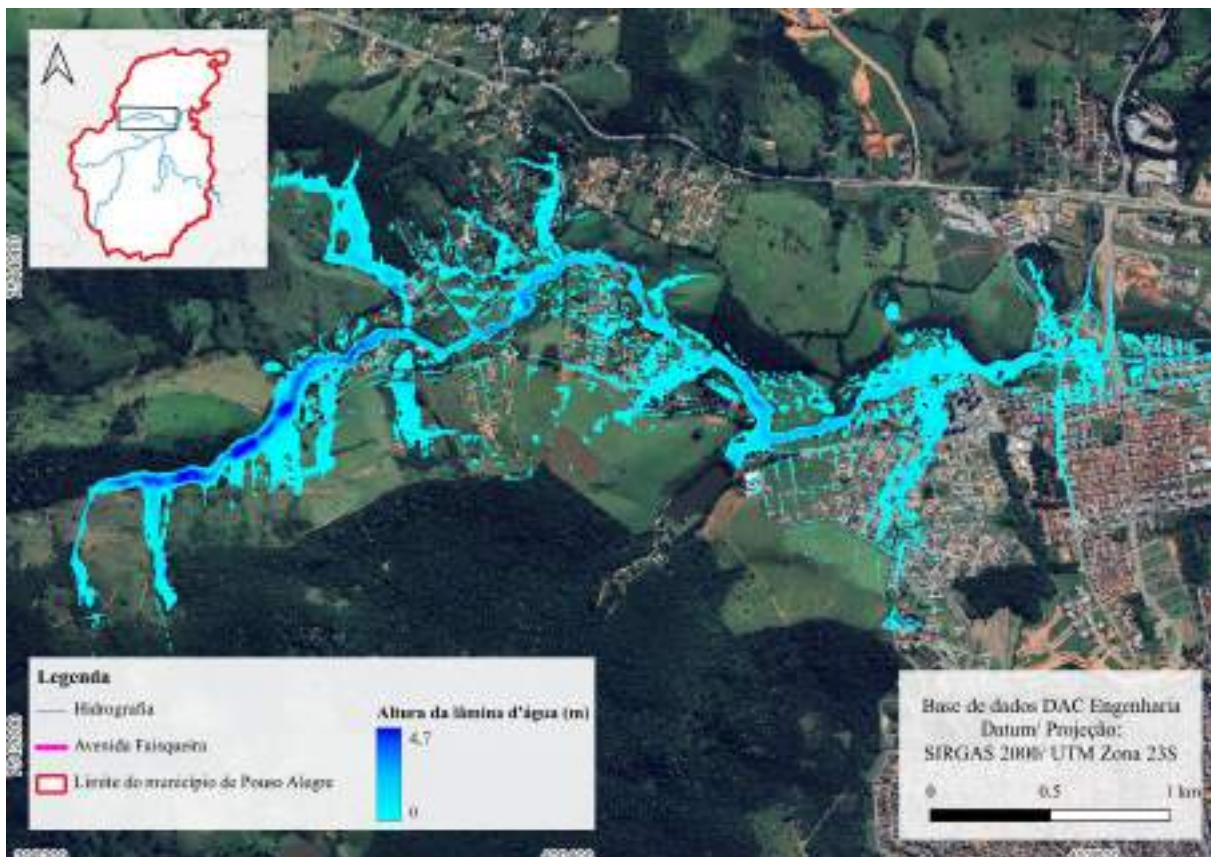
Figura 62 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 10 (Cena 2)



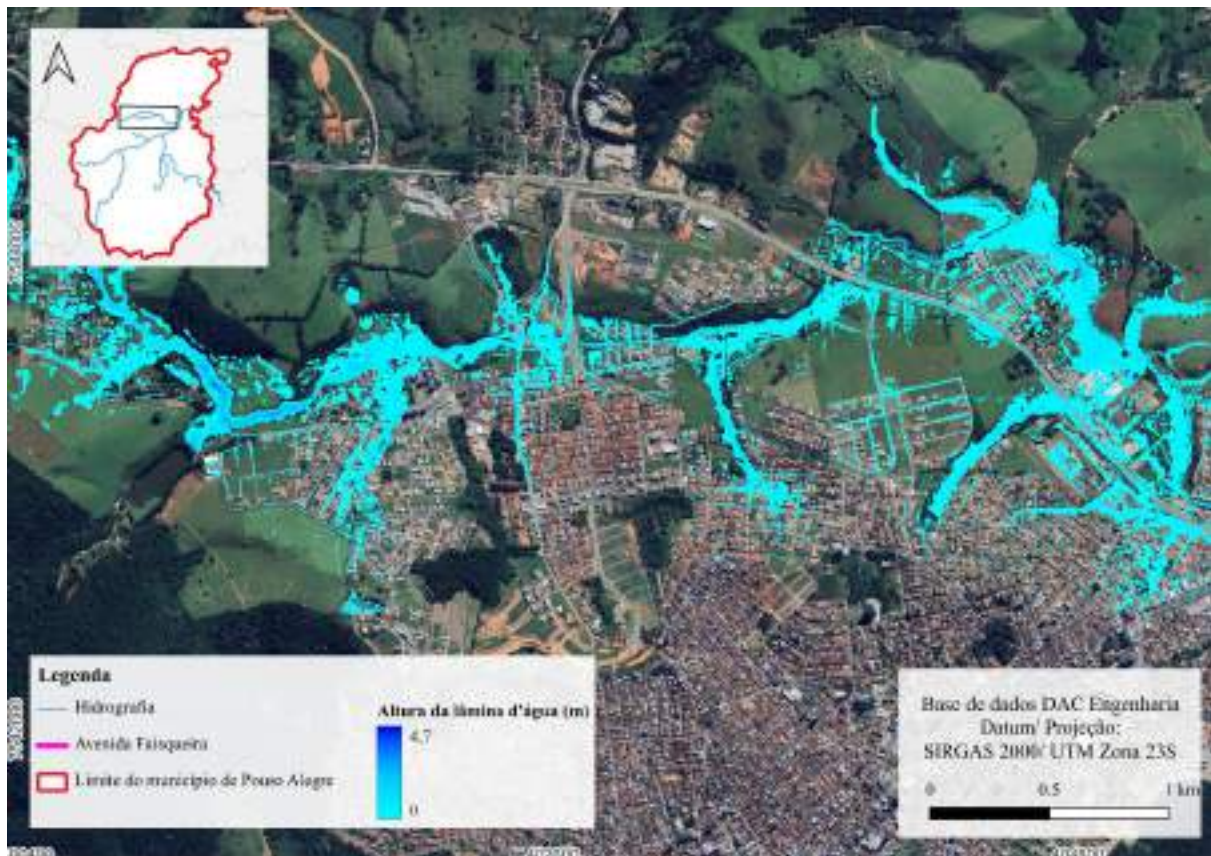
**Figura 63 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 10 (Cena 3)**



**Figura 64 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25**



**Figura 65 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25 (Cena 1)**



**Figura 66 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25 (Cena 2)**

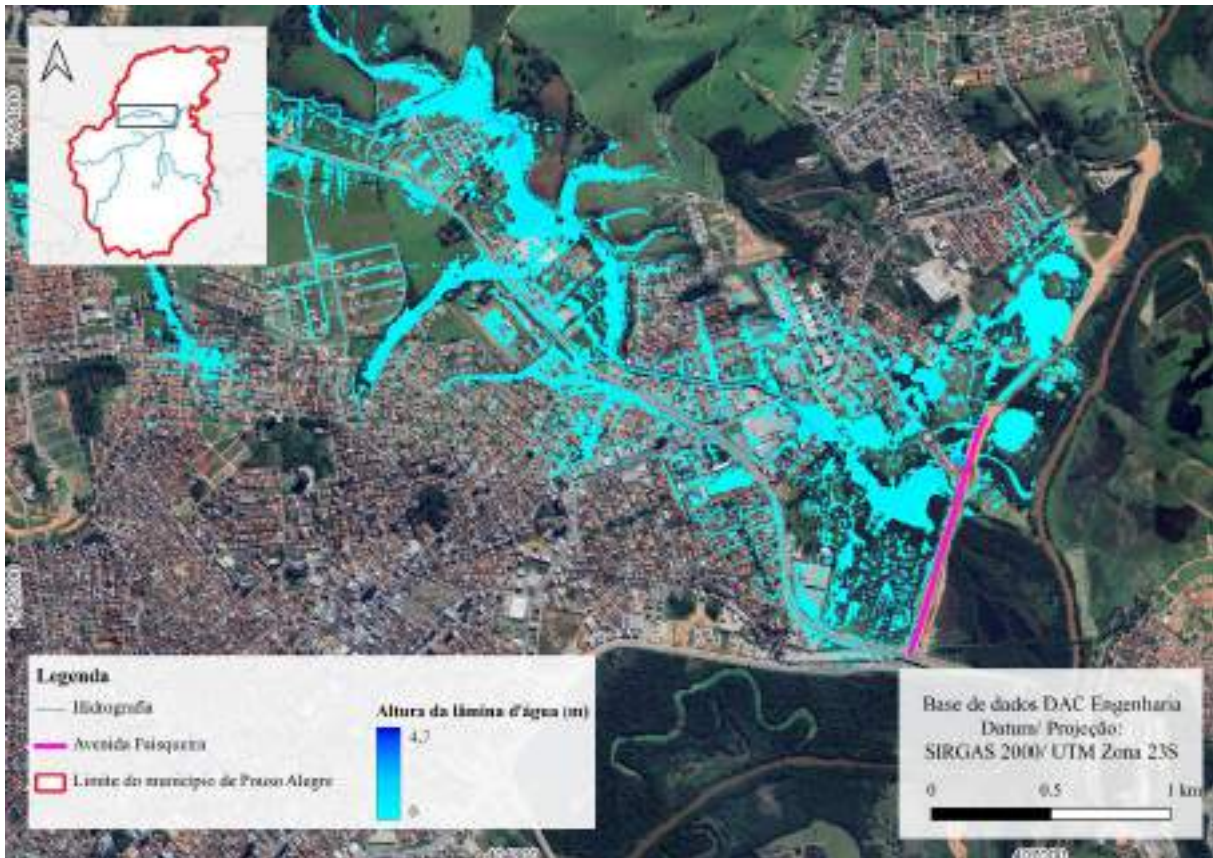


Figura 67 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 25 (Cena 3)

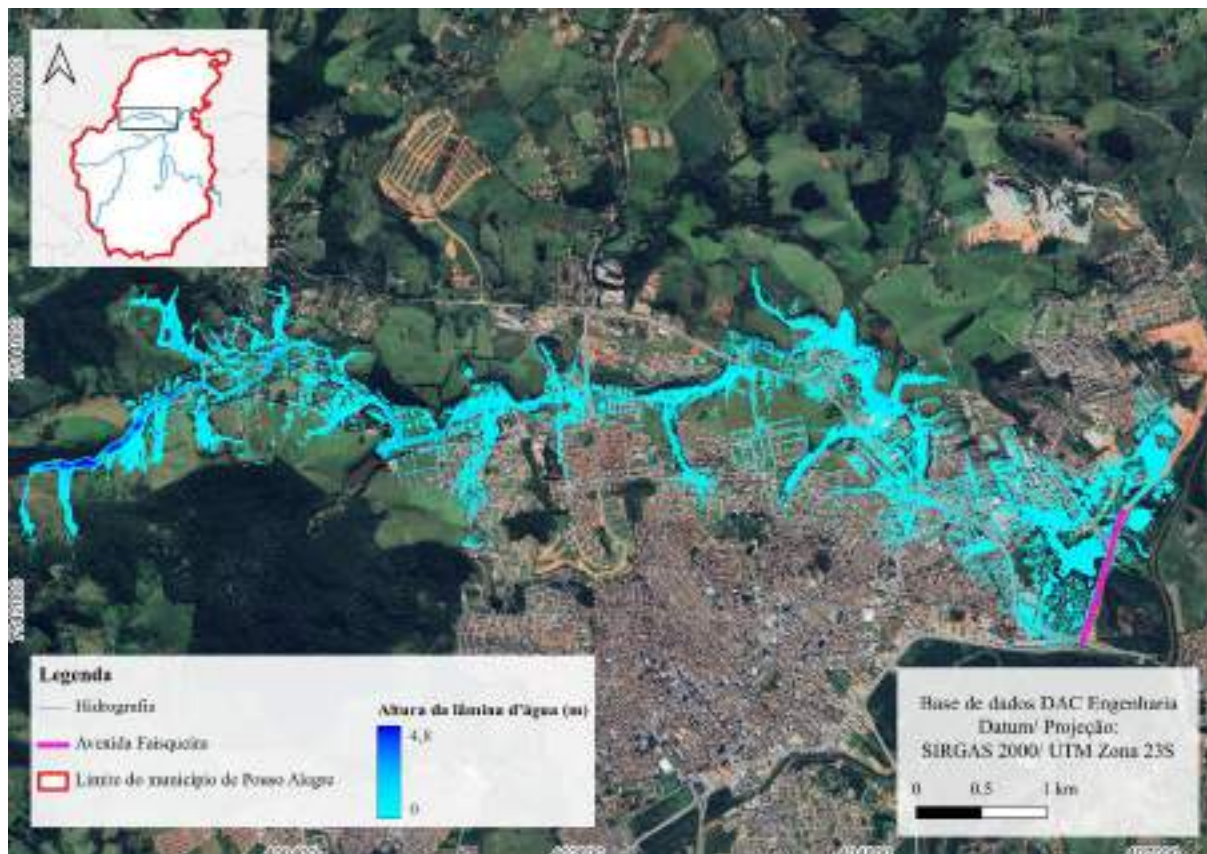


Figura 68 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50

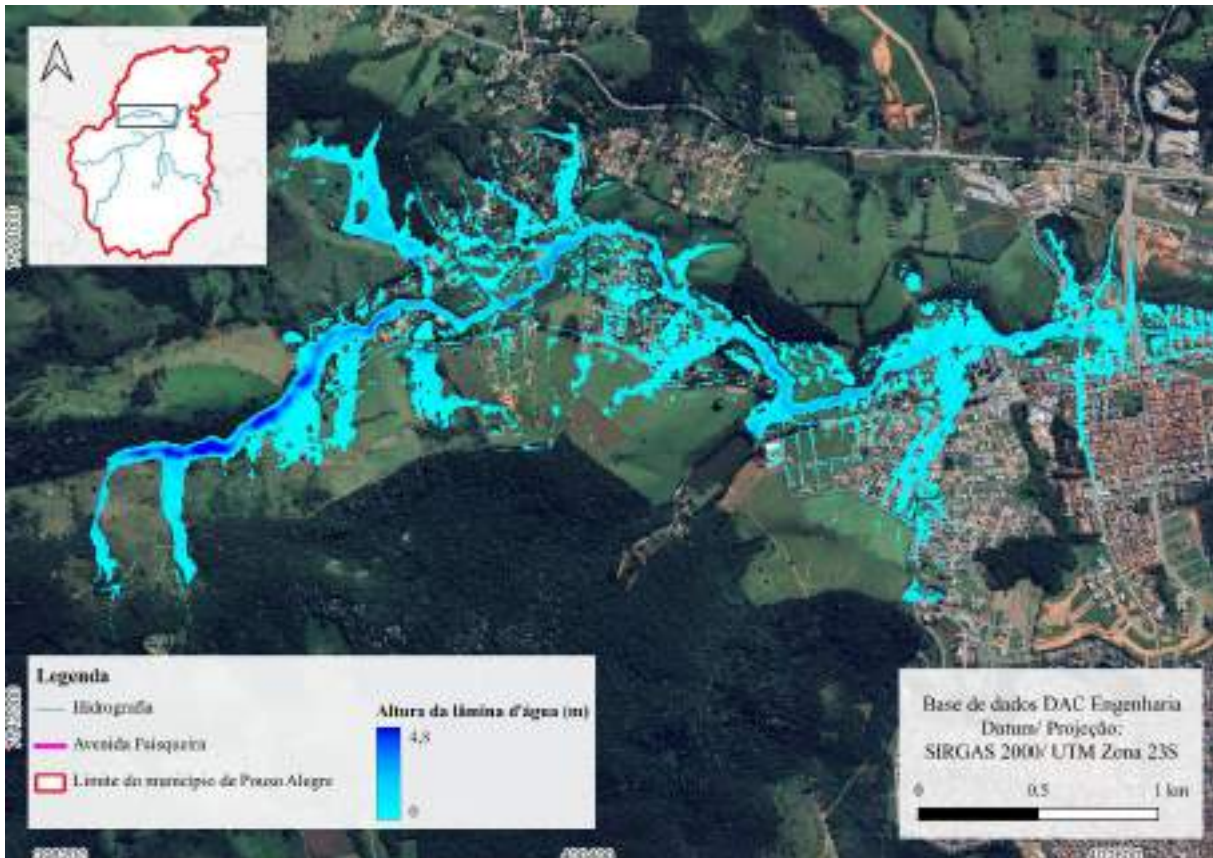


Figura 69 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50 (Cena 1)



Figura 70 – Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50 (Cena 2)

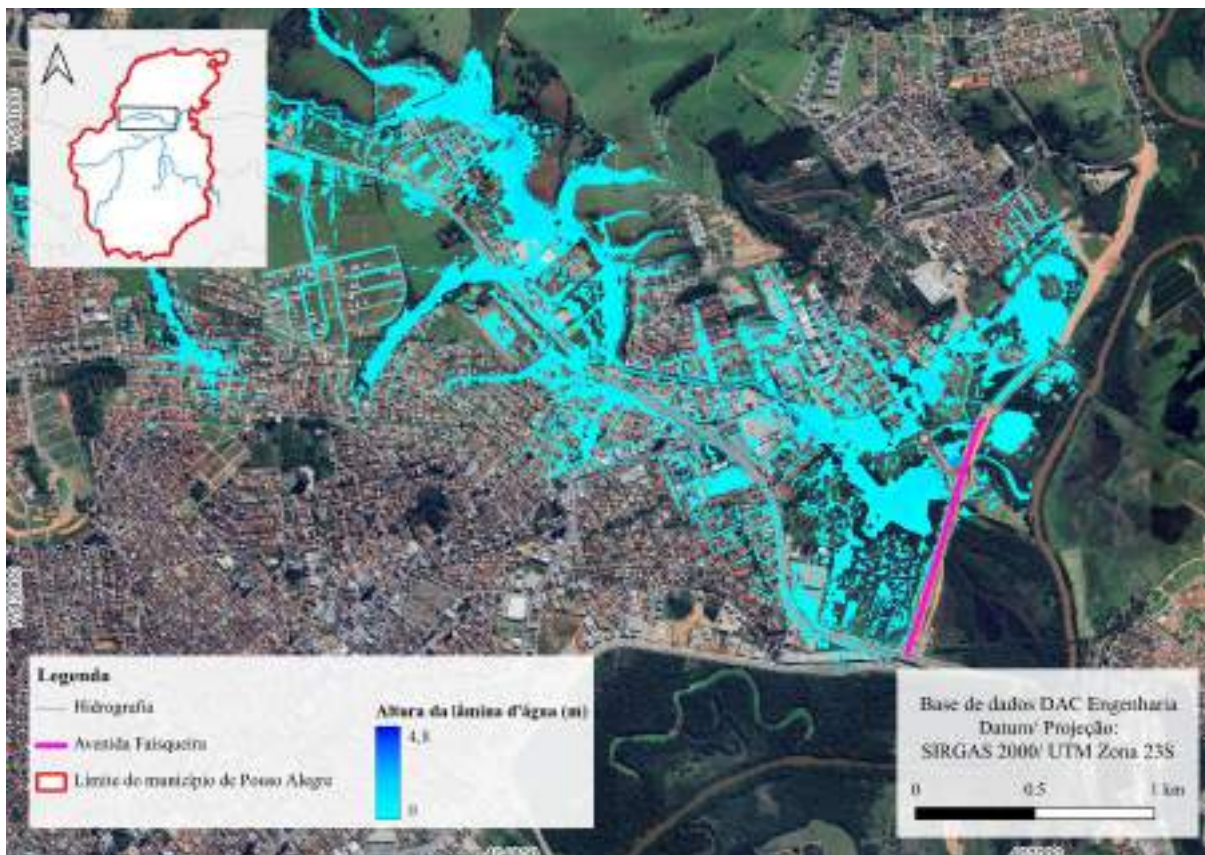


Figura 71 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 50 (Cena 3)

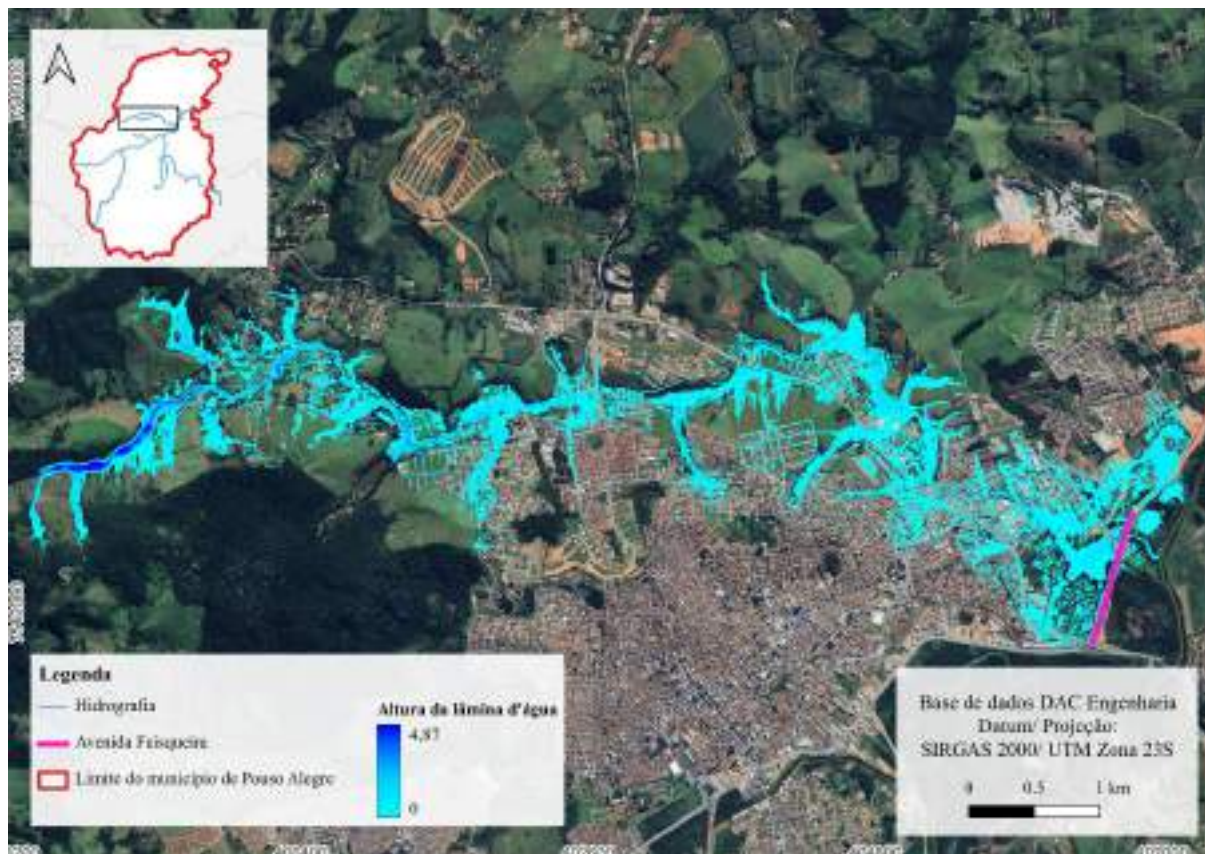
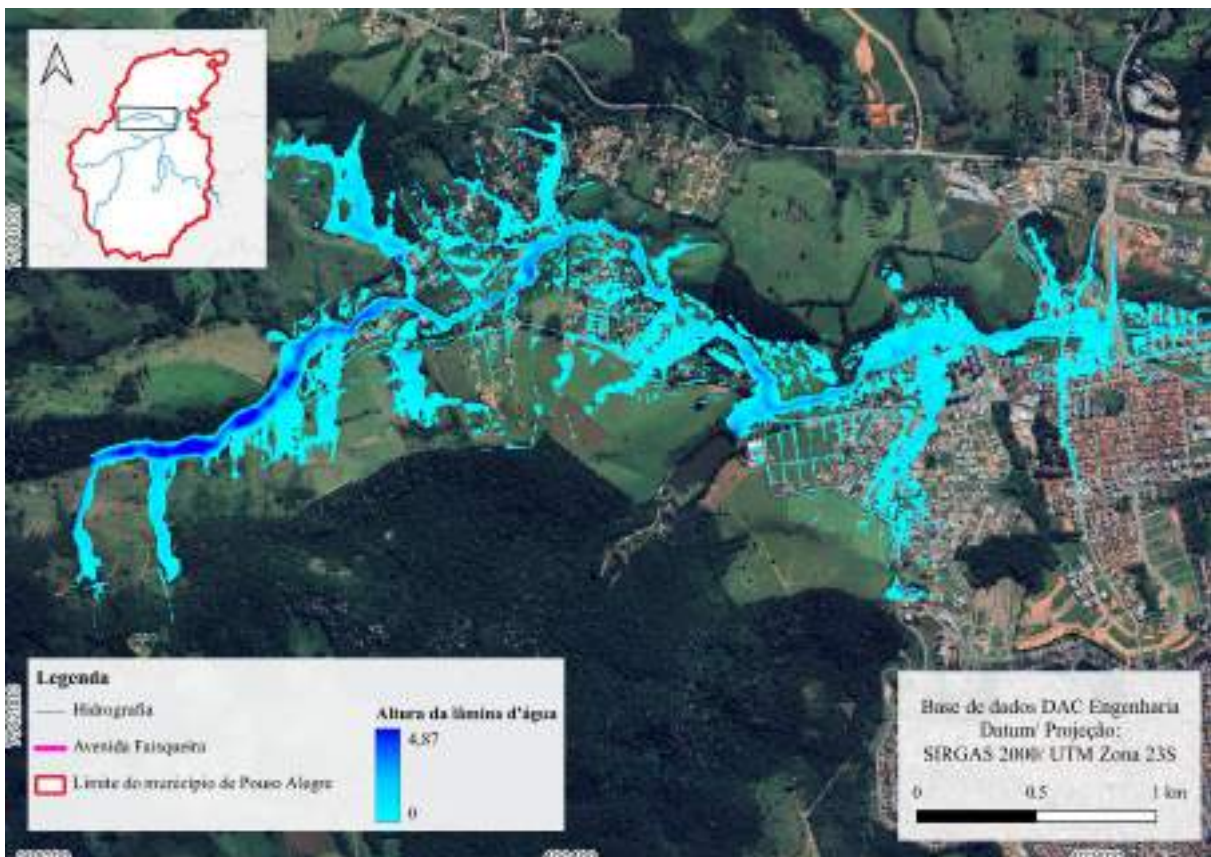
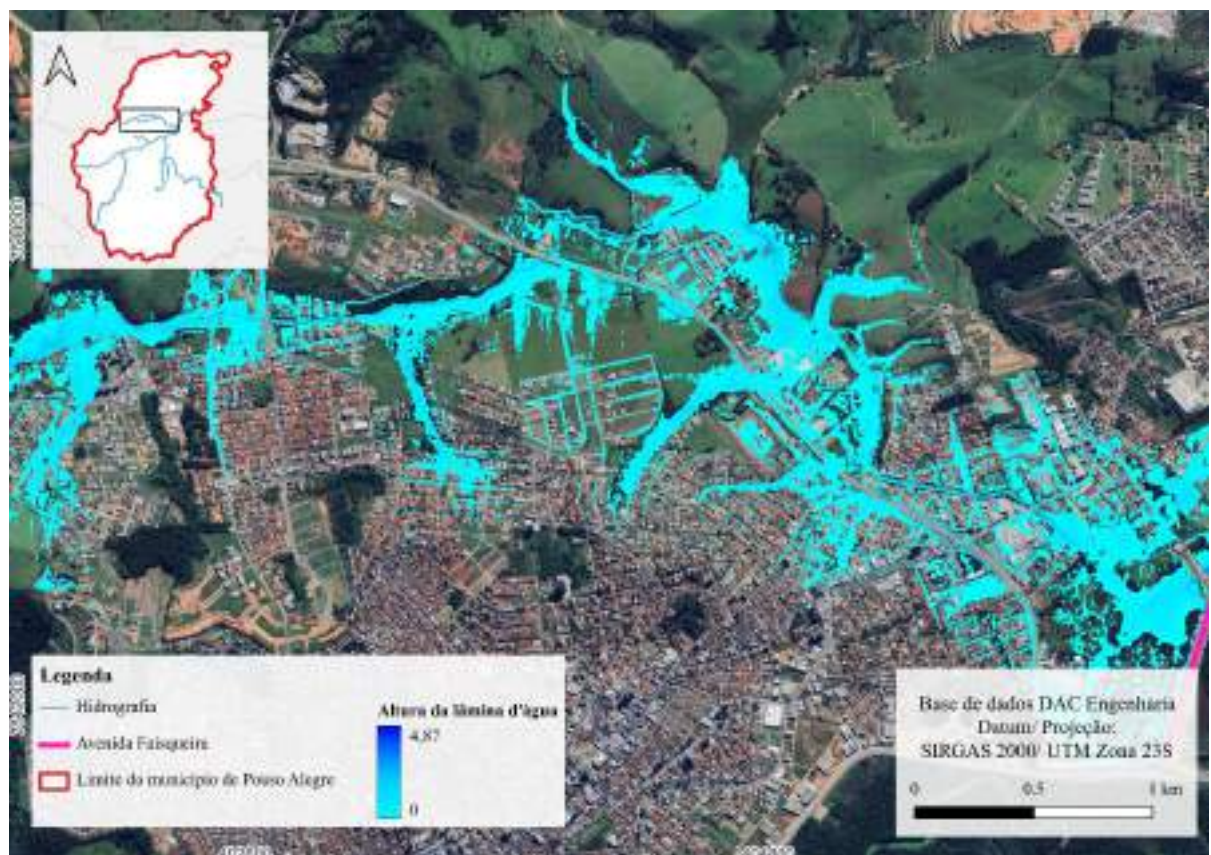


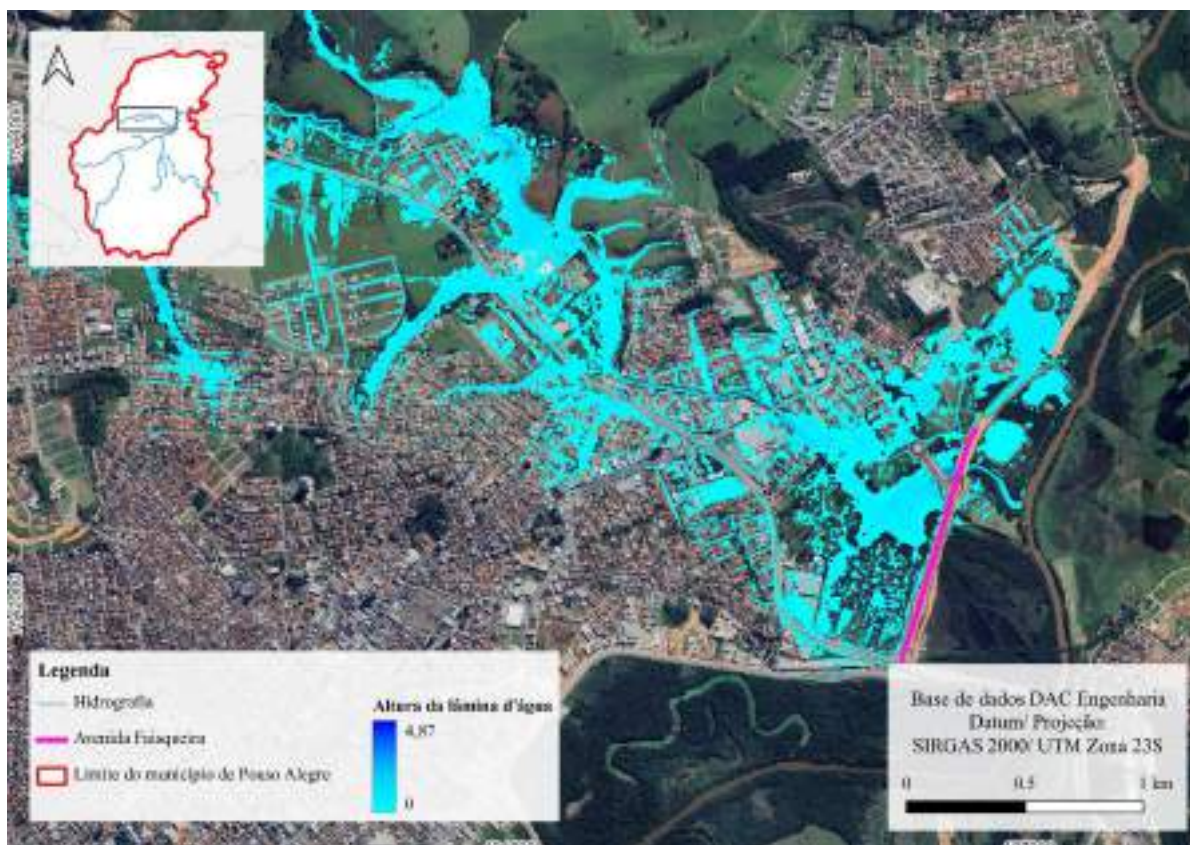
Figura 72 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100



**Figura 73 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100 (Cena 1)**



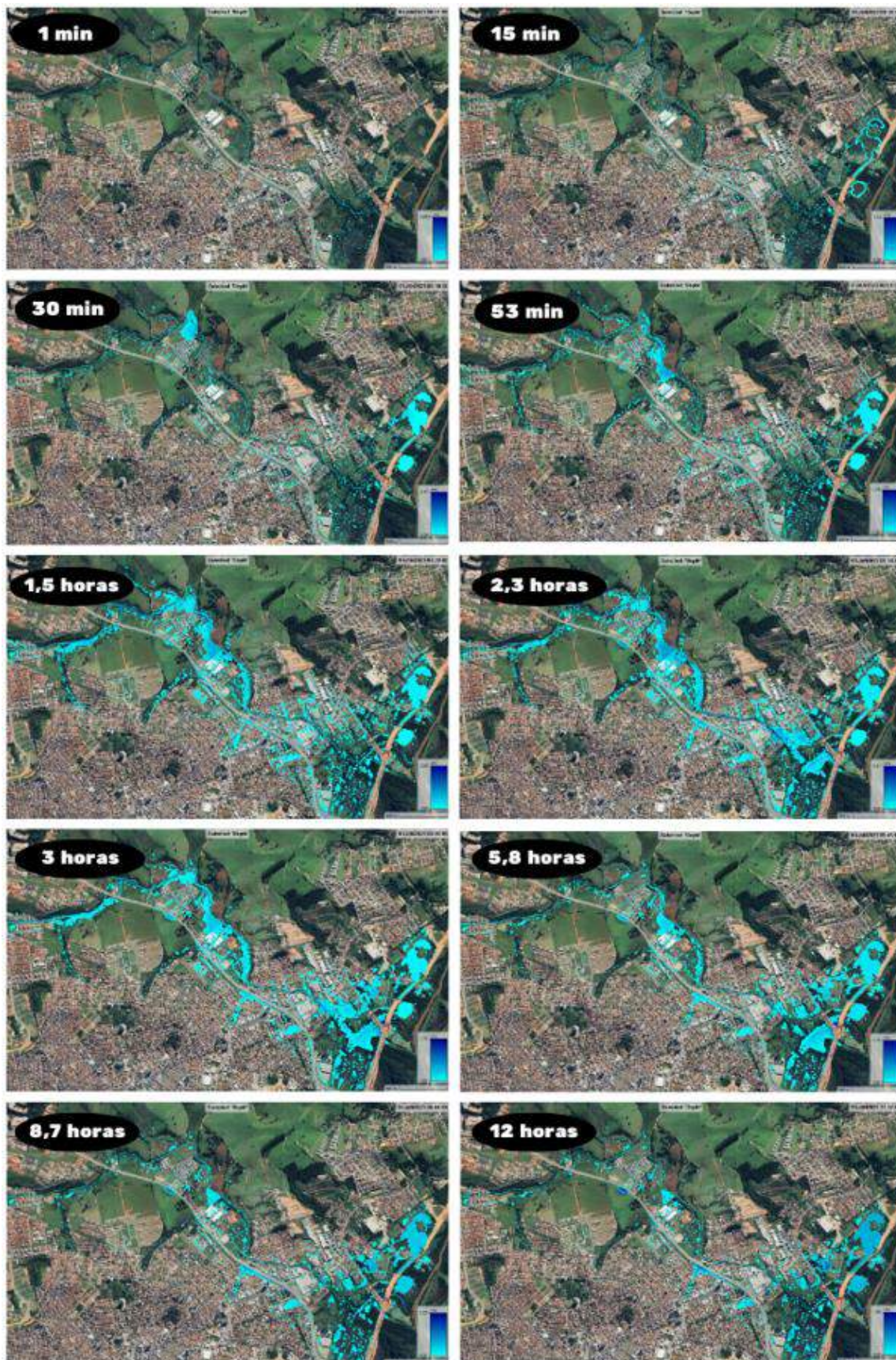
**Figura 74 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100 (Cena 2)**



**Figura 75 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes – TR 100 (Cena 3)**

Nas cenas analisadas, a vazão mostrada representa o pico de vazão do tempo de retorno analisado, entretanto para que se consiga compreender de maneira mais clara a evolução da chuva na bacia, é mostrado na Figura 76 a evolução do acúmulo pluvial considerando um TR de 50 anos. A partir de 50 minutos de chuva é possível já visualizar alguns pontos de alagamento nas proximidades do Bairro Pousada dos Campos. Com 2 horas de duração já se encontram pontos de inundação do ribeirão nos Bairros Faisqueira e Fatima III, e os pontos de alagamento evoluem nas áreas da Pousada dos Campos, Vale das Andorinhas e Fatima, áreas destacadas nas cenas de 50 e 90 minutos.

Em 3 horas é possível visualizar a vazão atingindo o seu pico, tendo a maior área de acúmulo hidráulico afetada no bairro Faisqueira, no trecho final do ribeirão antes de seu desague no Rio Sapucaí-Mirim. À diversas áreas não urbanizadas que apresentam grandes inundações, que devem ser evitadas de edificação, visto que se encontram em áreas de proteção devido a sua suscetibilidade a inundação.

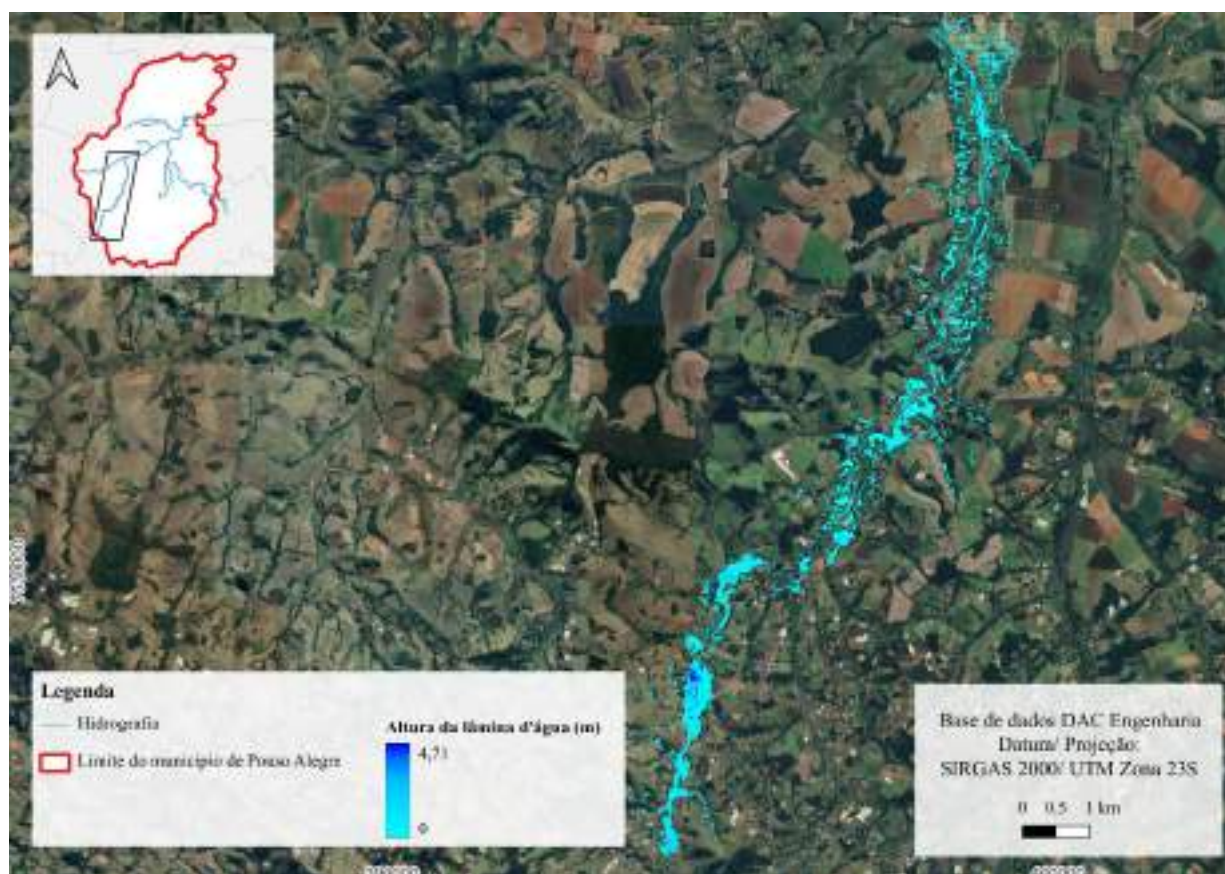


**Figura 76 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão das Mortes (TR 50)**

## 1.2.1. Bacia do Ribeirão Pantano

A modelagem das regiões alagadas do Rio Mandu utilizou os valores de vazão provenientes dos hidrogramas de projeto como parâmetros de entrada para as sub-bacias. Na área de análise, a entrada de dados fundamentou-se no volume de precipitação. Essa metodologia foi empregada com o objetivo de avaliar como o aumento das inundações afeta as áreas impactadas pelo fenômeno de enchente do rio. A bacia do Ribeirão Pantano se encontra toda dentro do território de Pouso Alegre, ele se encontra na porção sudoeste, estando todo em zona rural do município, sendo um afluente do Rio Mandu.

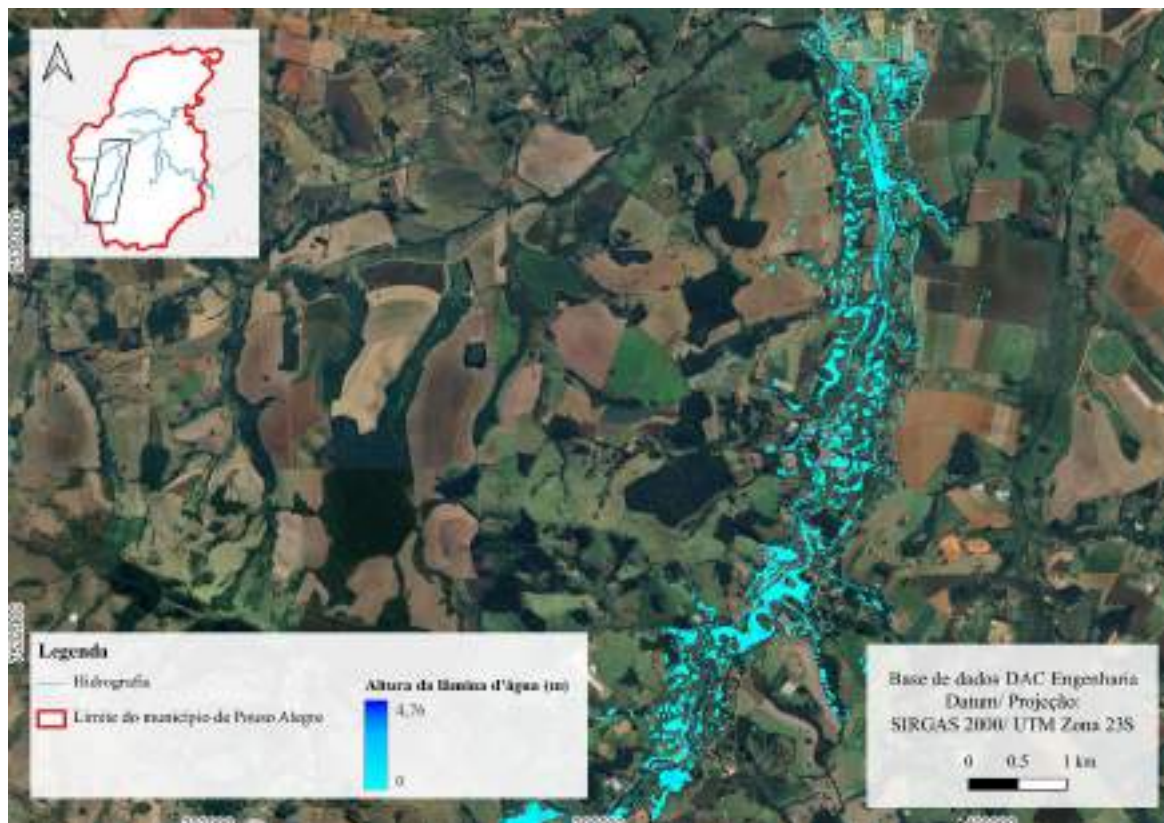
Isto implica que seu processo de cheia afetará poucas áreas urbanizadas, entretanto, sua cheia acarretará num aumento de cheia do Mandu, o qual afeta diretamente na área urbana de Pouso Alegre. A acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano provoca impactos de cheia no Distrito São José do Pantano e no Bairro do Cajuru nas proximidades da Rodovia MG-290. As manchas de acúmulo hidráulico geradas para cada tempo de retorno estudado são apresentadas nas Figura 77 a Figura 91.



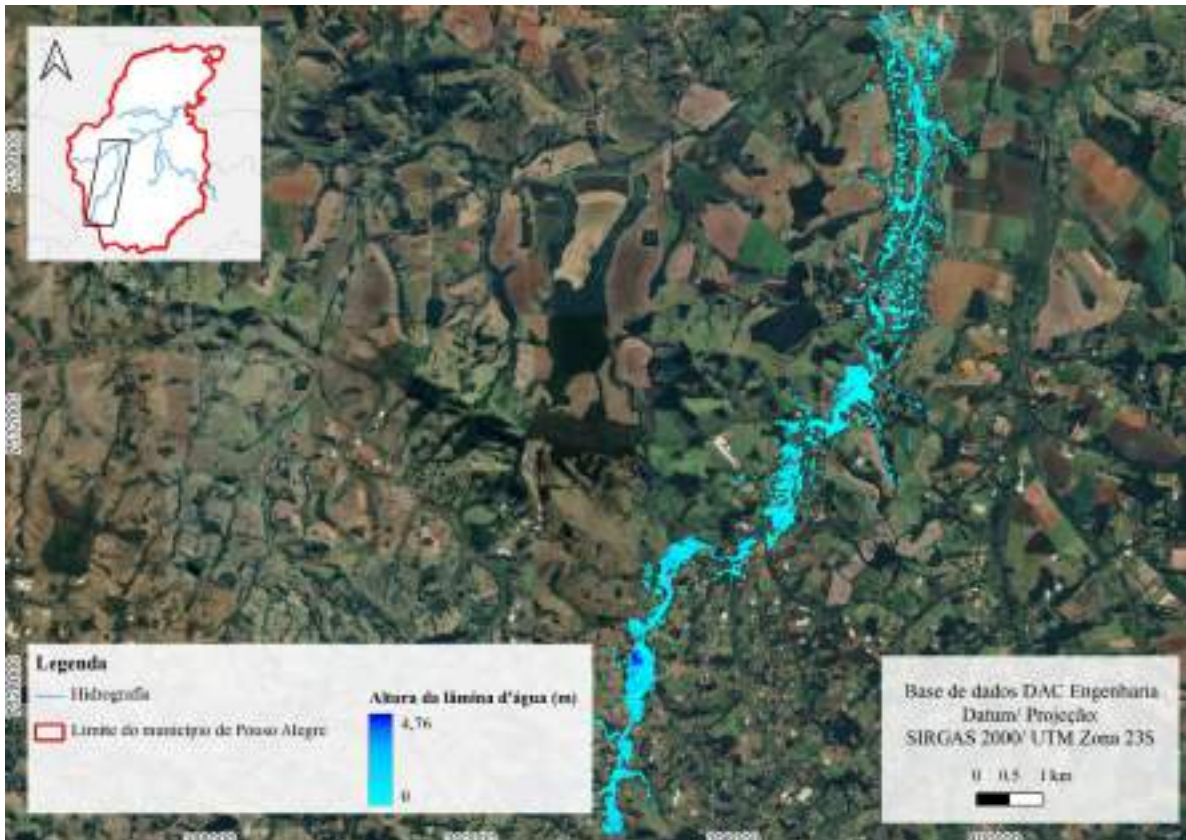
**Figura 77 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 5**



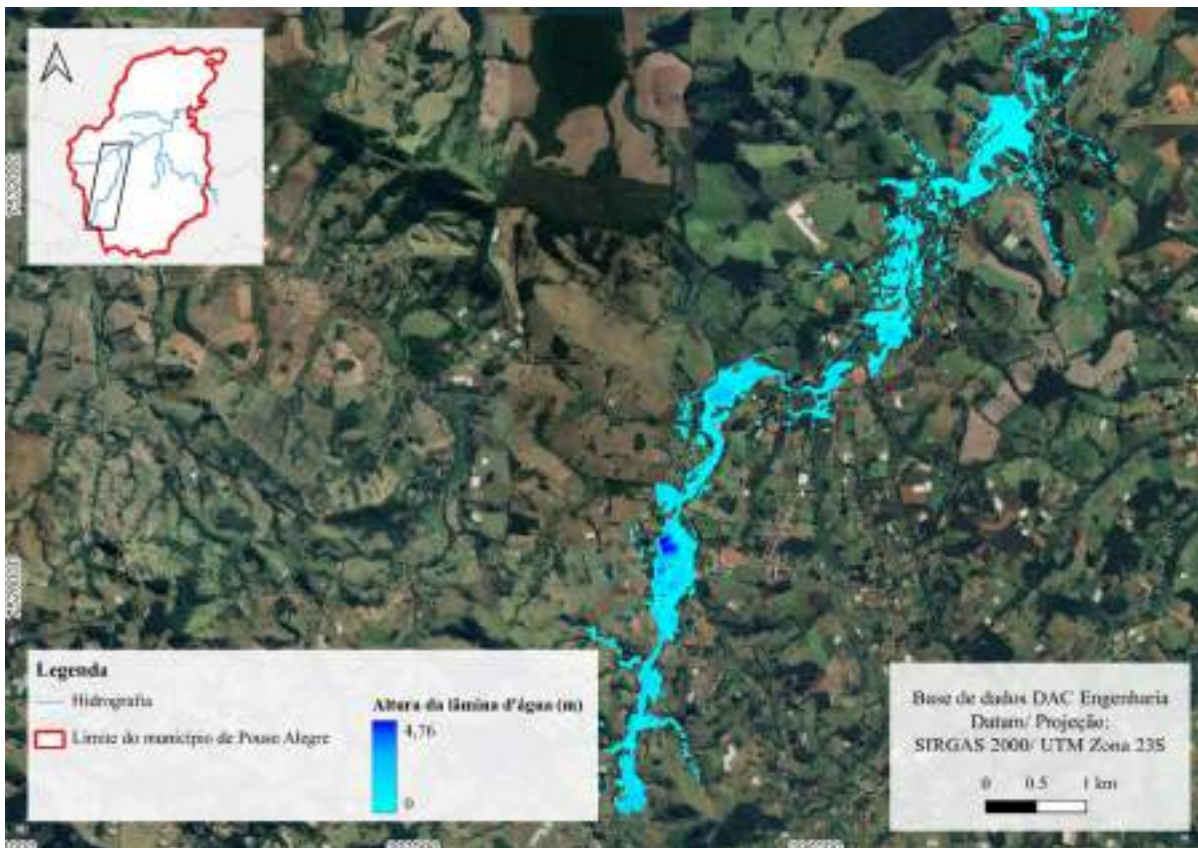
**Figura 78 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 5 (Cena 1)**



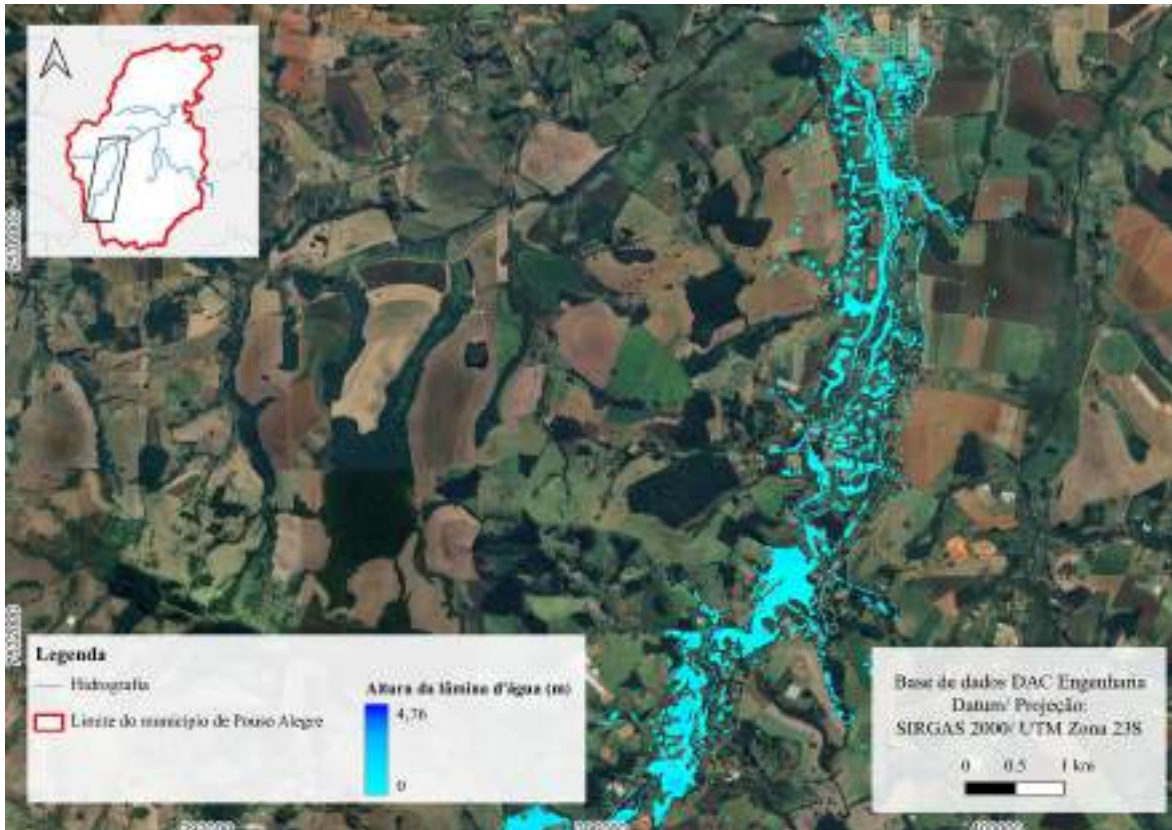
**Figura 79 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 5 (Cena 2)**



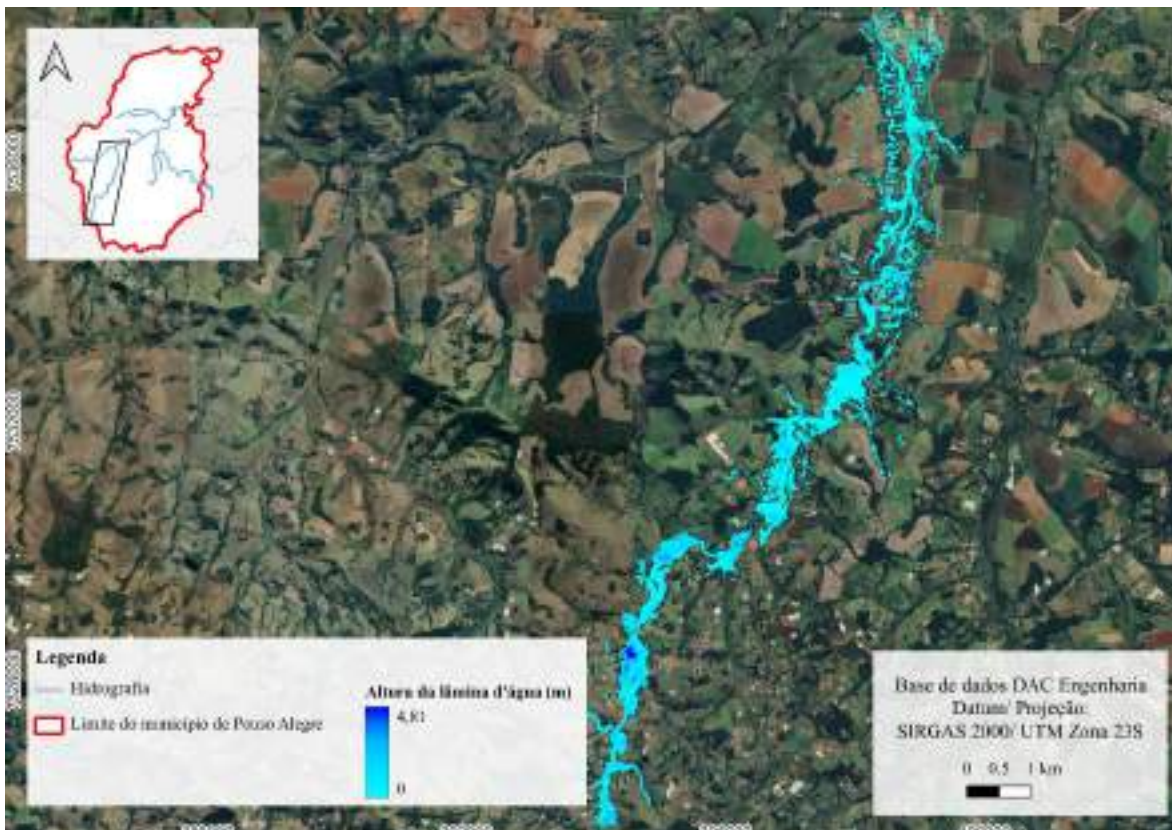
**Figura 80 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 10**



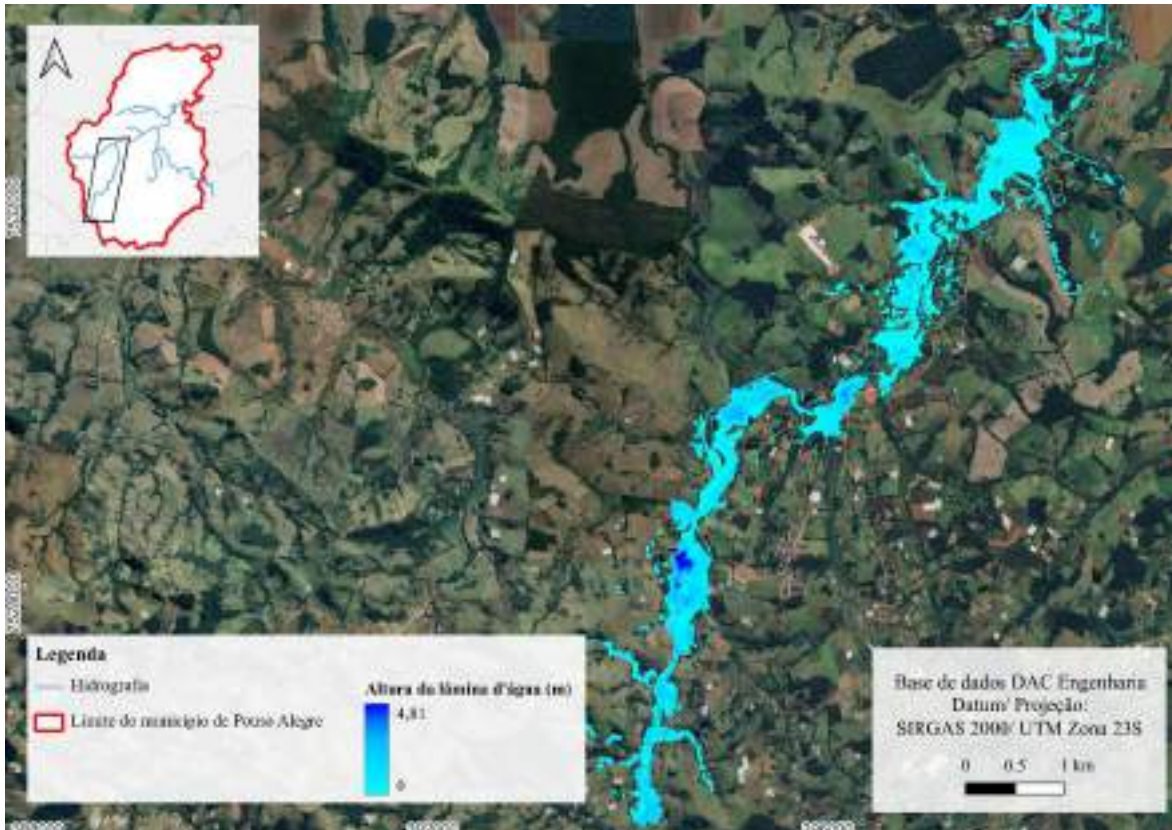
**Figura 81 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 10 (Cena 1)**



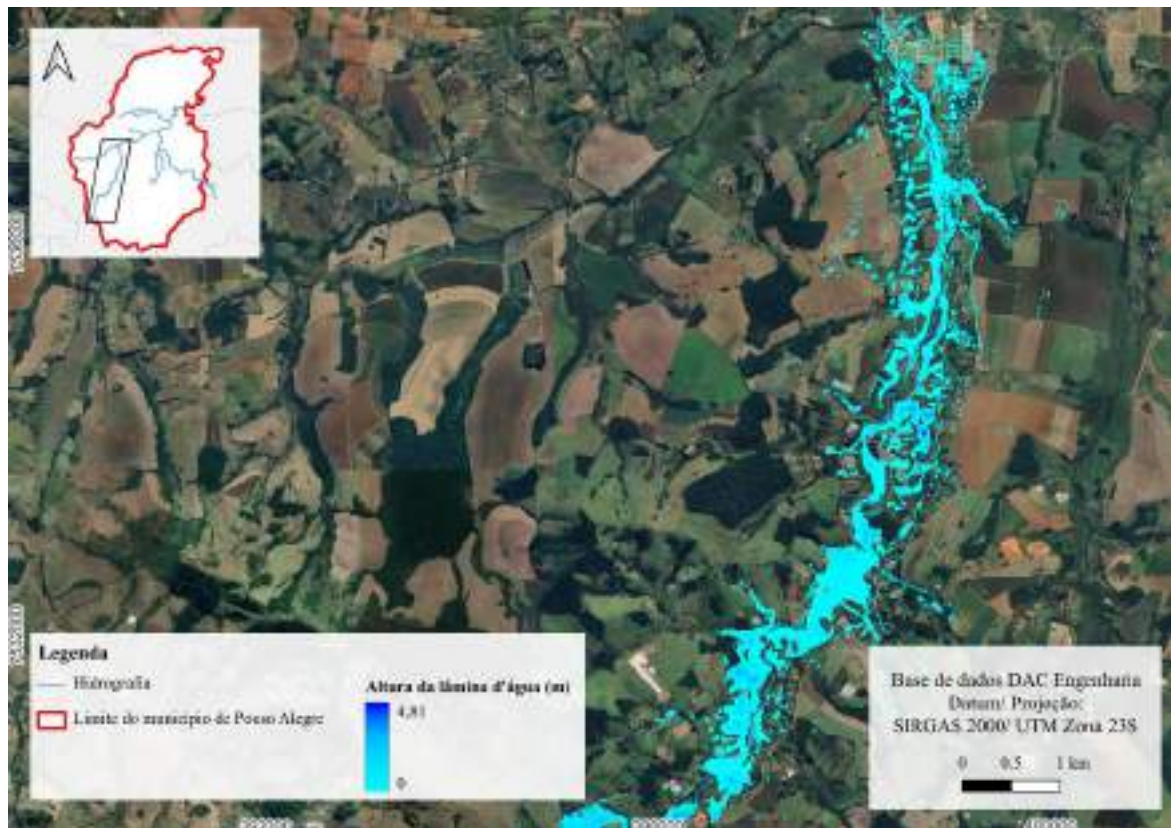
**Figura 82 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 10 (Cena 2)**



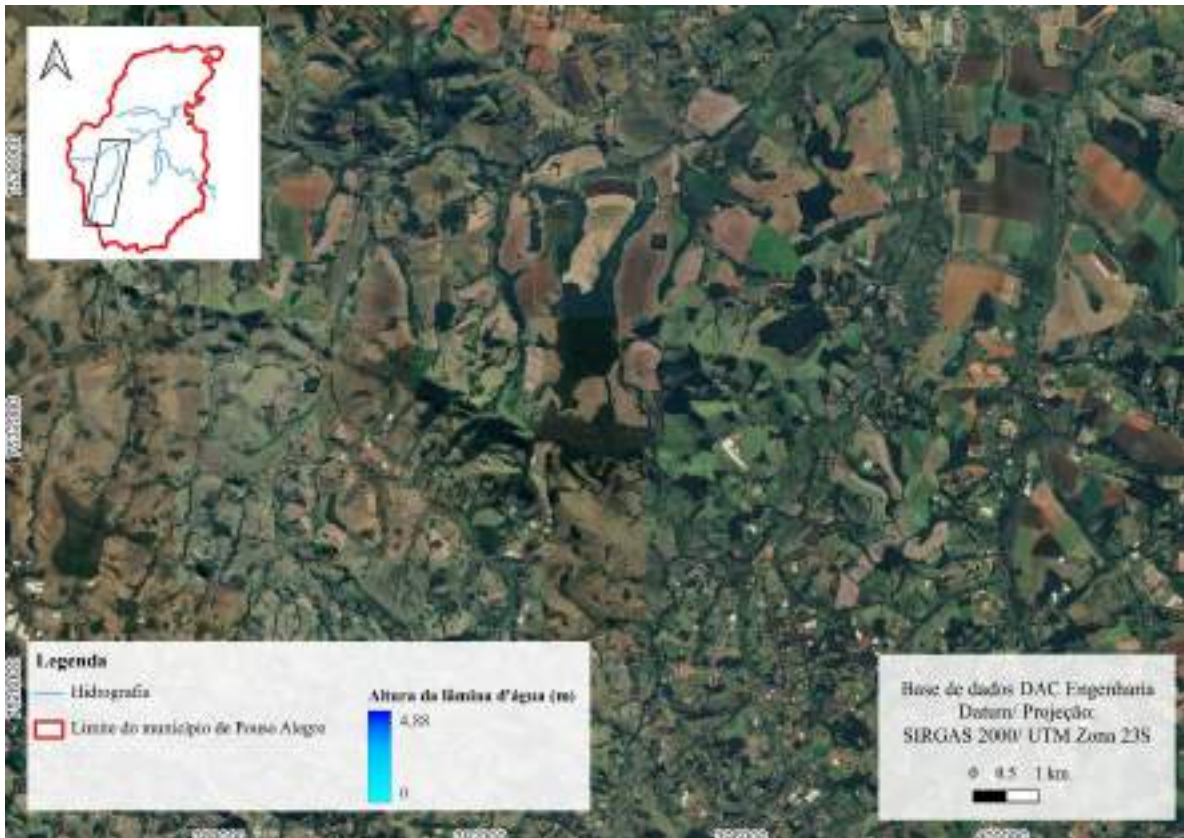
**Figura 83 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 25**



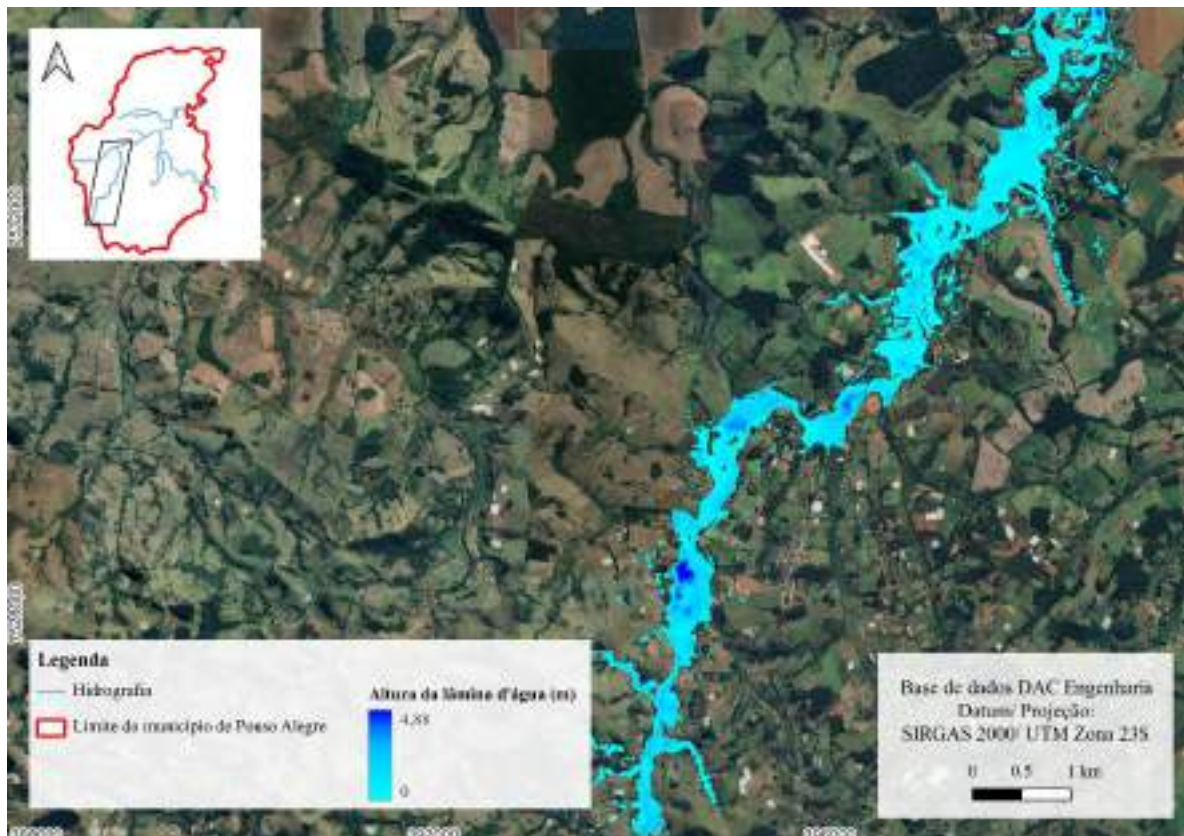
**Figura 84 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 25 (Cena 1)**



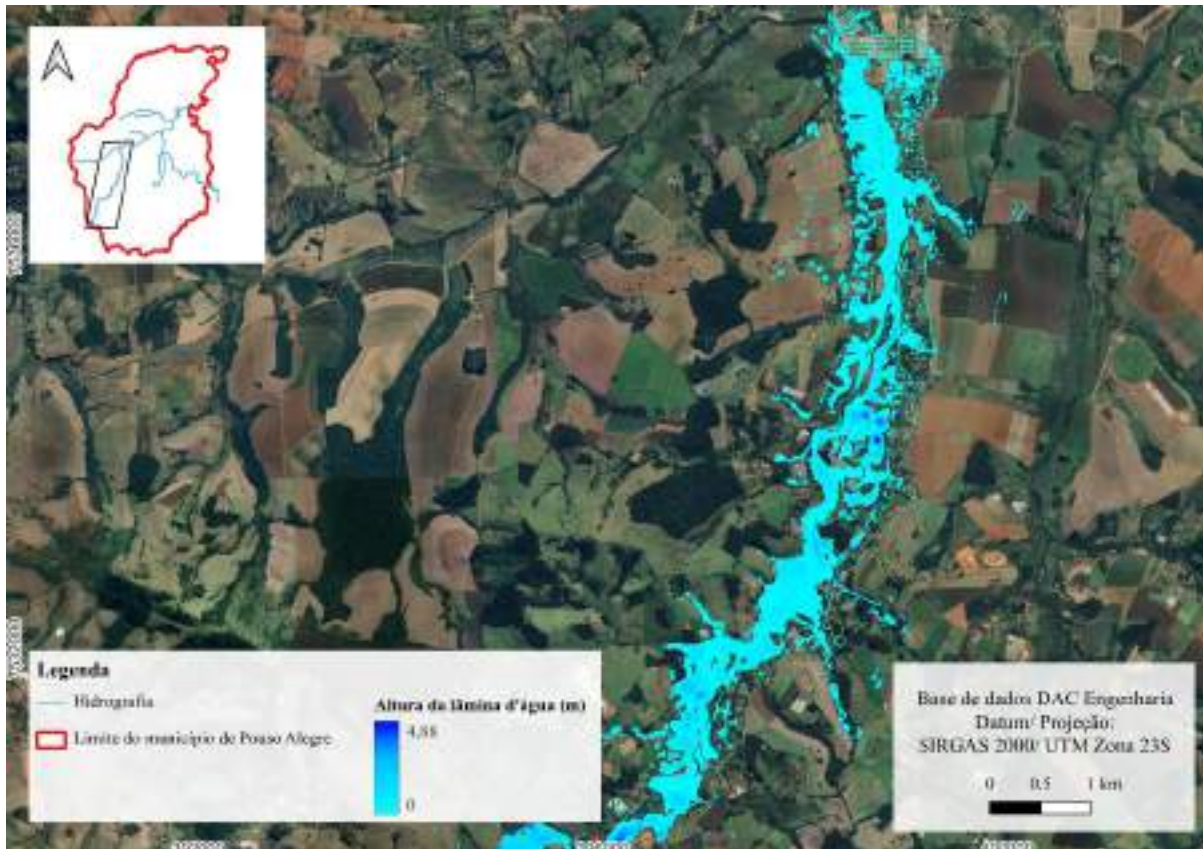
**Figura 85 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 25 (Cena 2)**



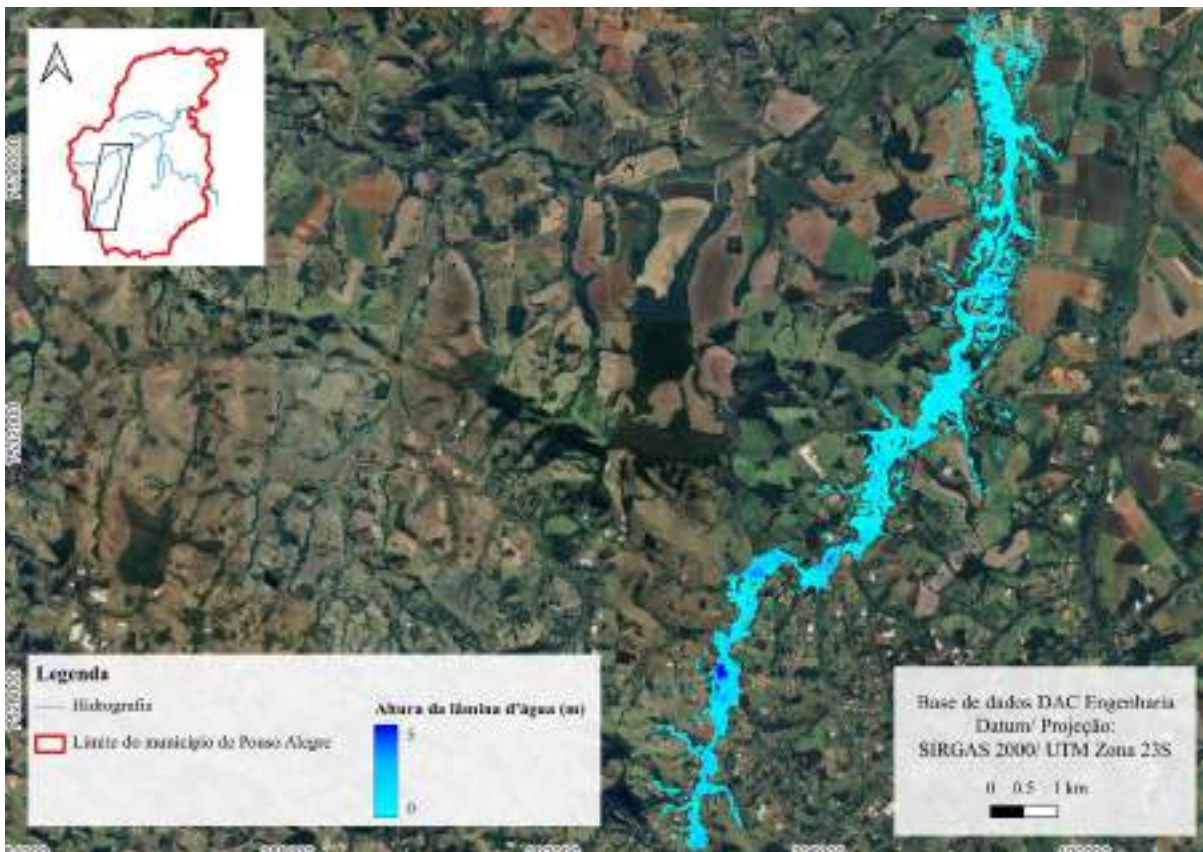
**Figura 86 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 50**



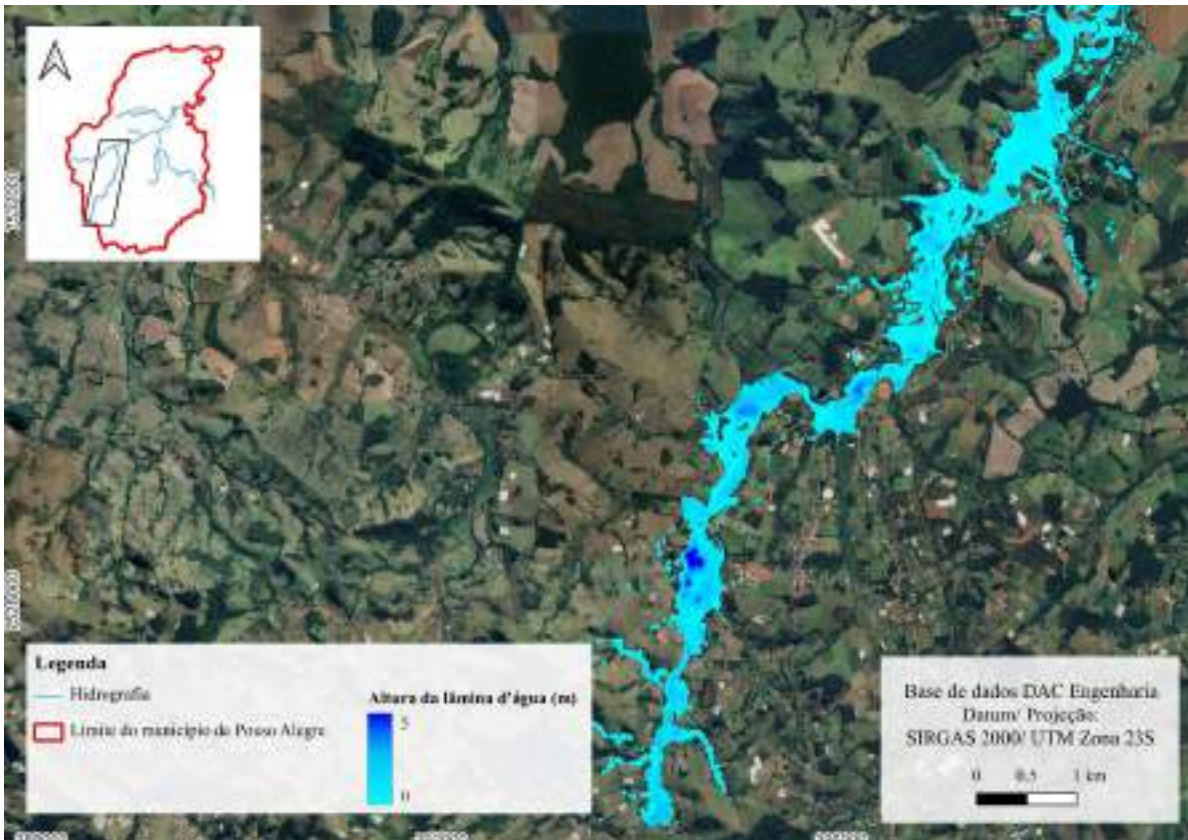
**Figura 87 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 50 (Cena 1)**



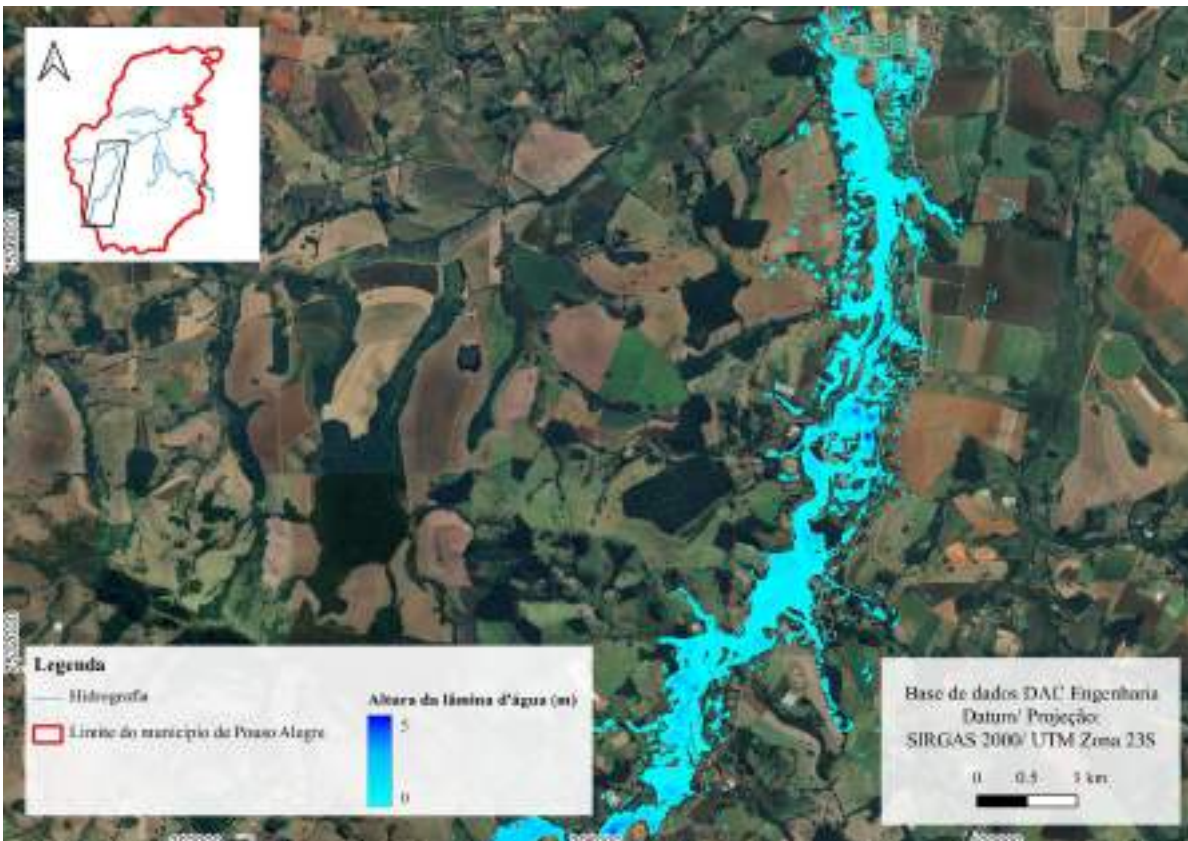
**Figura 88 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 50 (Cena 2)**



**Figura 89 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 100**



**Figura 90 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 100 (Cena 1)**



**Figura 91 - Mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano – TR 100 (Cena 2)**

A progressão da mancha de acúmulo hidráulico resulta no acúmulo de águas pluviais, desencadeando episódios de alagamento e enchentes. Na Figura 92 são retratadas as fases de desenvolvimento do processo de cheia na bacia, a área do ribeirão abrange em sua maior parte a zona rural e o Distrito São José do Pantano. A simulação de uma hora revela o ápice da inundação na bacia, destacando na imagem o ponto em que áreas previamente alagadas se juntam ao acúmulo proveniente da expansão da água.

As 3 horas de recorrência, torna-se evidente a presença de extensas áreas alagadas no Bairro Cajuru, sendo notadamente devido a ocupação urbana em área de várzea, localidade onde processo de urbanização, transformando-se, na atualidade, em um local propenso à retenção de águas pluviais. Nesse contexto, é possível perceber como essa região se torna um ponto de acumulação que se integra à acúmulo hidráulico durante o pico de vazões.

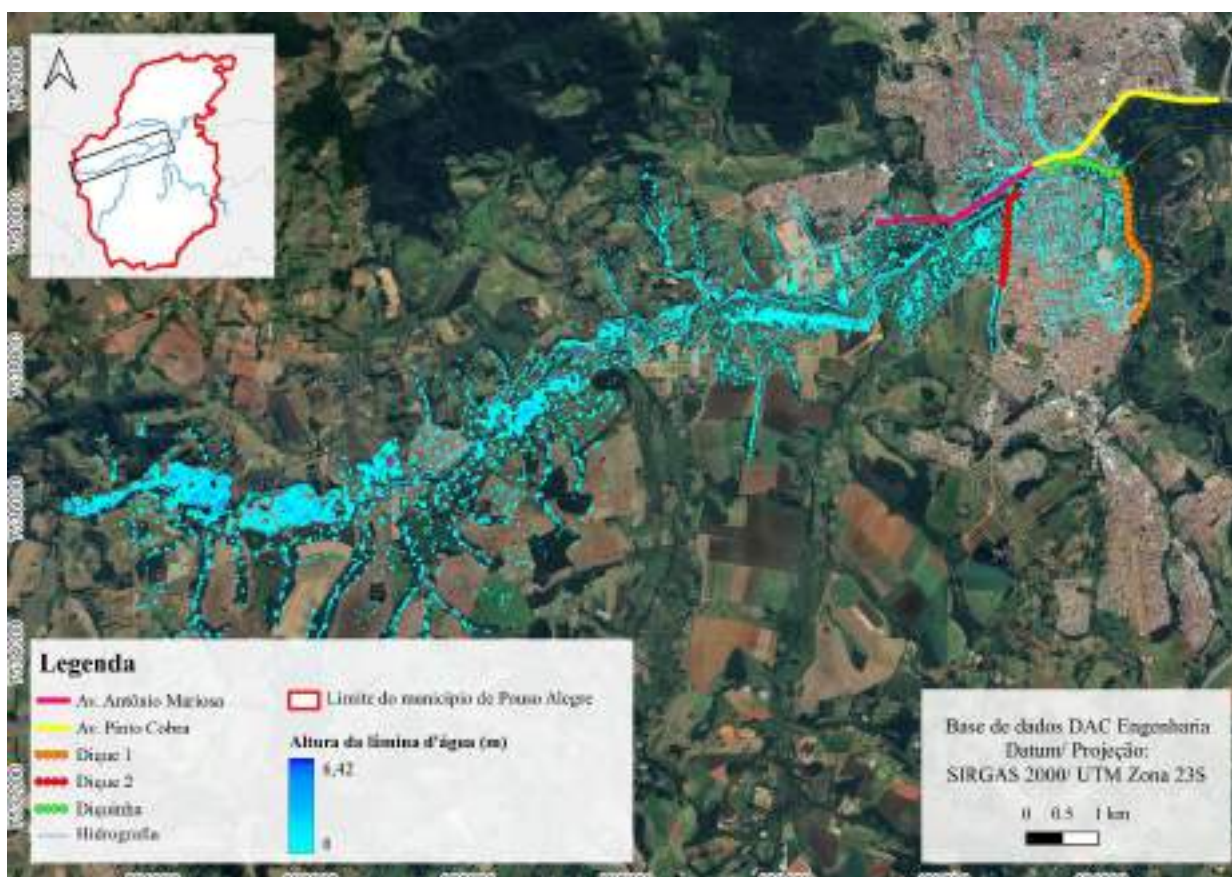
Ao observar as cenas de 21h e 24h, desenrola-se o processo de acúmulo hidráulico ao longo de toda a extensão do ribeirão nas cenas, com uma concentração maior de volume na área urbanizada. A maior parte afetada pelas águas pluviais se dão em áreas ocupadas por atividades rurais, entretanto o Bairro do Cajuru e a área urbana do Distrito São José do Pantão são fortemente afetados pelo processo de cheia.



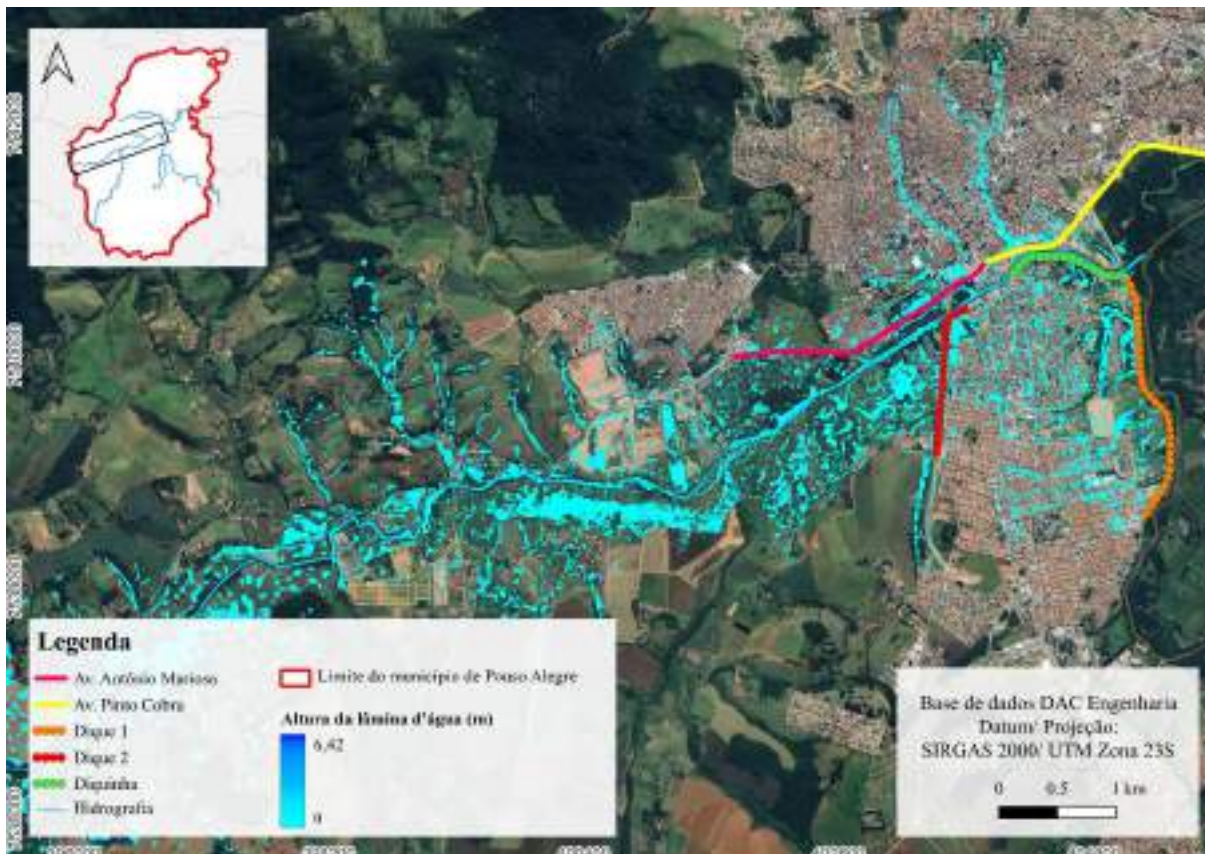
**Figura 92 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Ribeirão Pantano (TR 50)**

## 1.2.2. Bacia do Rio Mandu

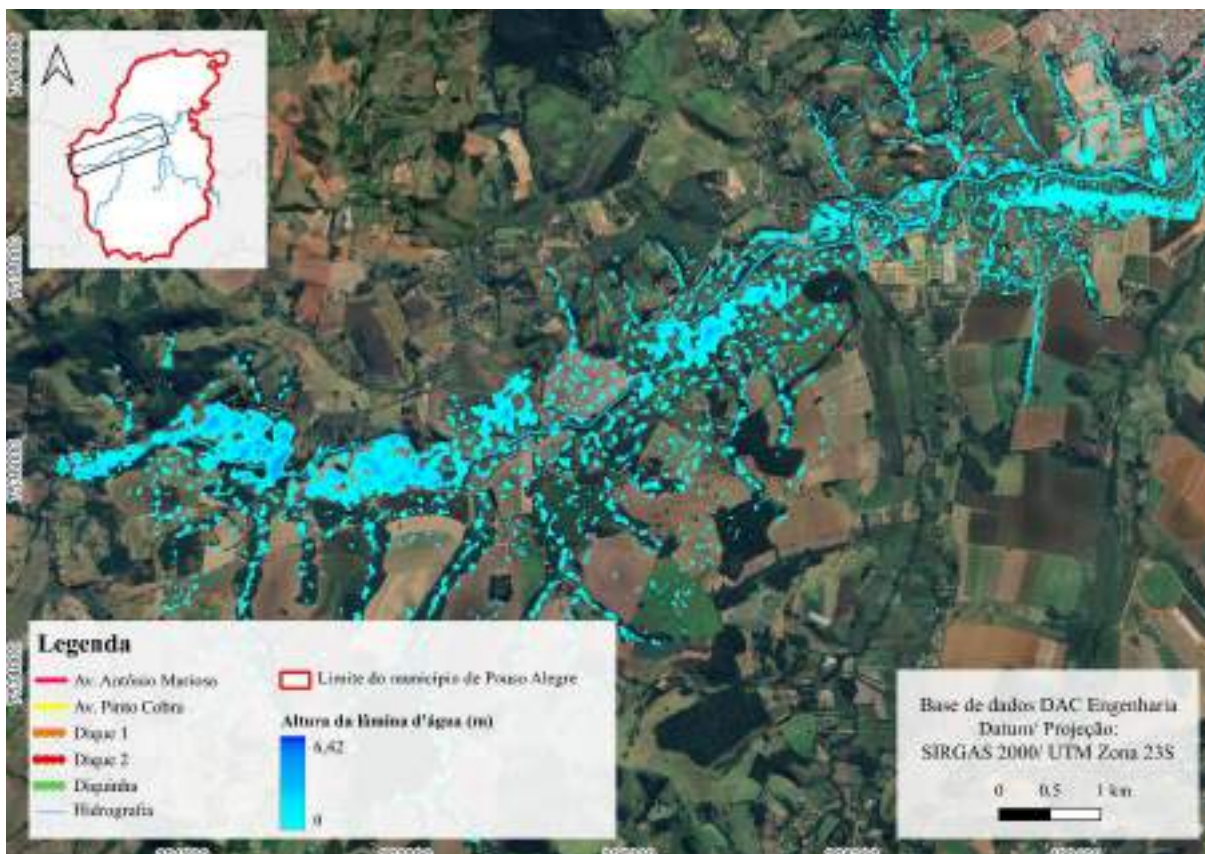
A simulação das áreas inundadas do Rio Mandu empregou os valores de vazão provenientes dos hidrogramas de projeto como dados de entrada para as sub-bacias. Na região de análise, os dados de entrada se baseiam no volume de precipitação. Essa abordagem foi adotada para avaliar o impacto do aumento das cheias nas áreas atingidas pelo processo de cheia do rio. A porção montante do rio, antes de sua foz no Sapucaí-Mirim, intercepta a porção com mais densidade demográfica do município, sendo uma área comercial e de empreendimentos de importância para diversos setores econômicos. Sendo que o seu processo de cheia afeta principalmente os bairros São Geraldo, Centro e São José. Nas Figura 59 a Figura 86 são compreendidas as manchas de acúmulo hidráulico obtidas para cada um dos tempos de retorno utilizados, tendo enfoque nas áreas onde existe ocupação urbana.



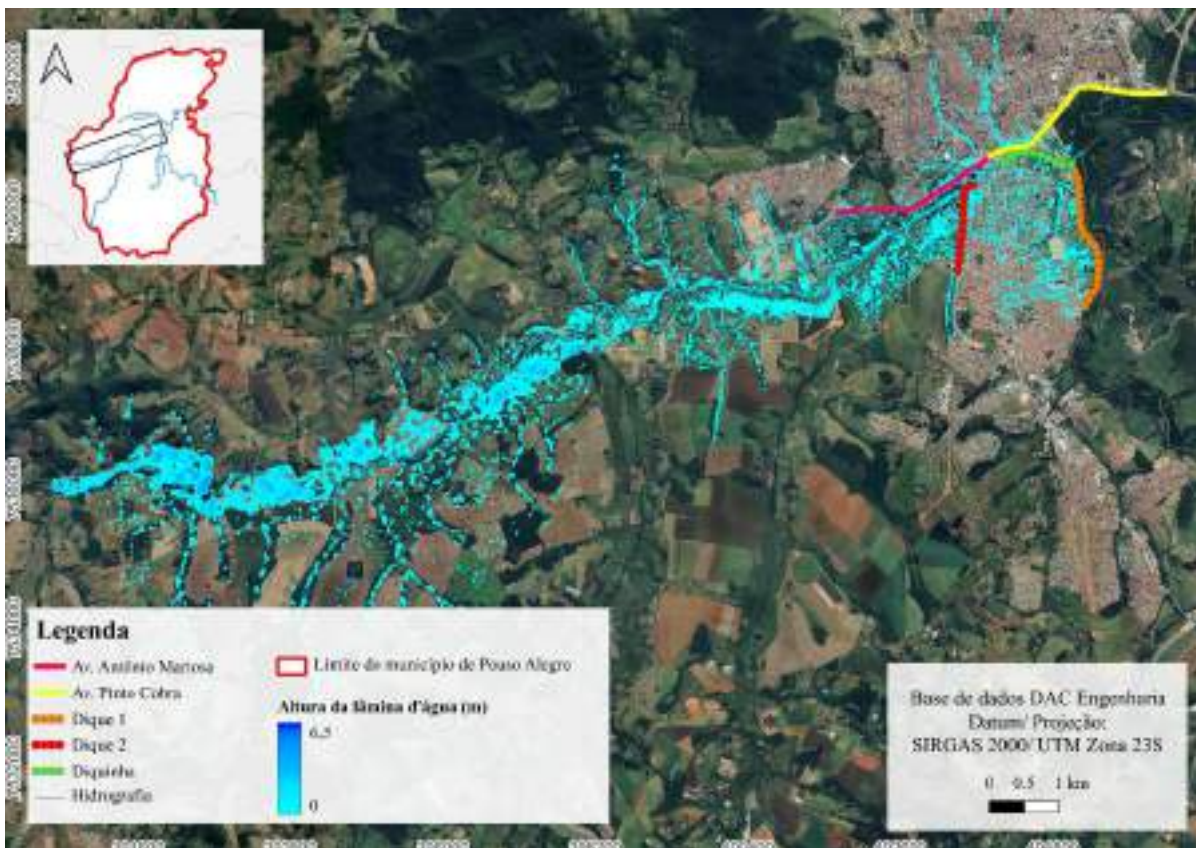
**Figura 93 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 5**



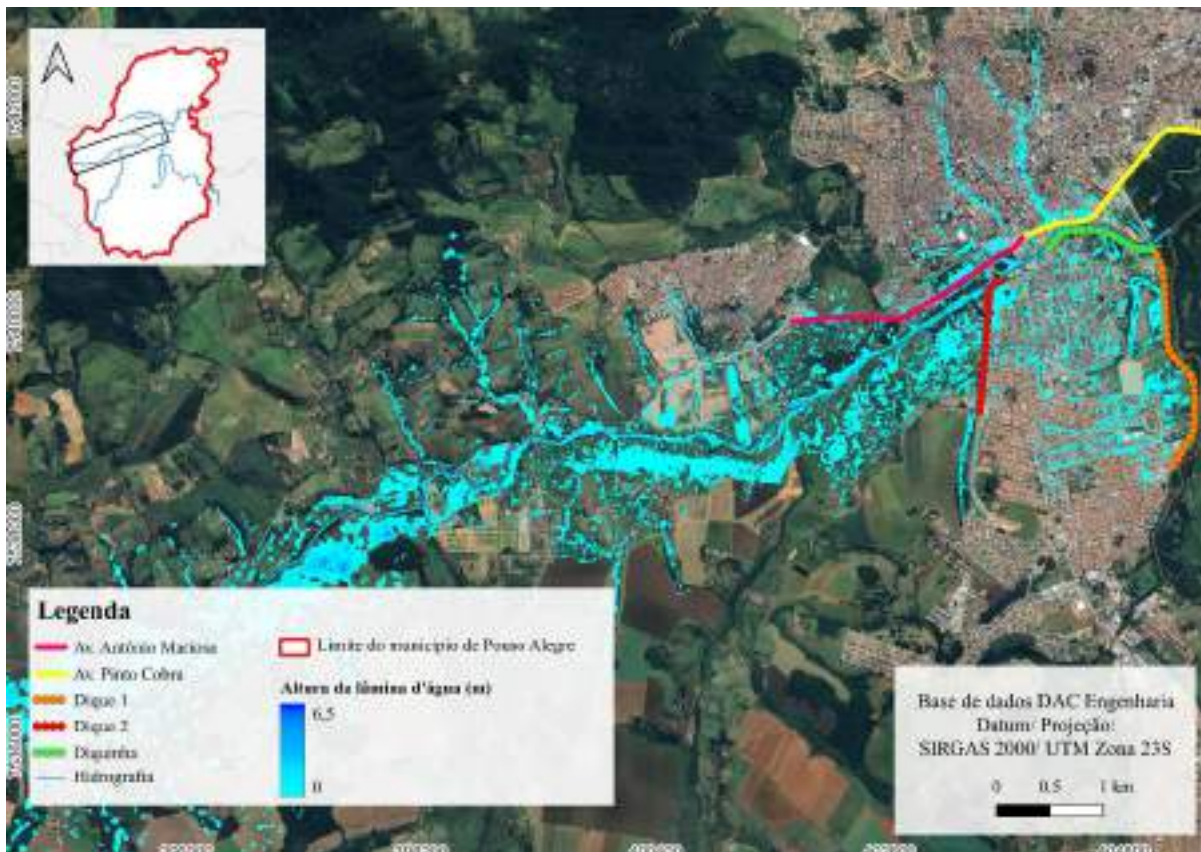
**Figura 94 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 5 (Cena 1)**



**Figura 95 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 5 (Cena 2)**



**Figura 96 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 10**



**Figura 97 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 10 (Cena 1)**

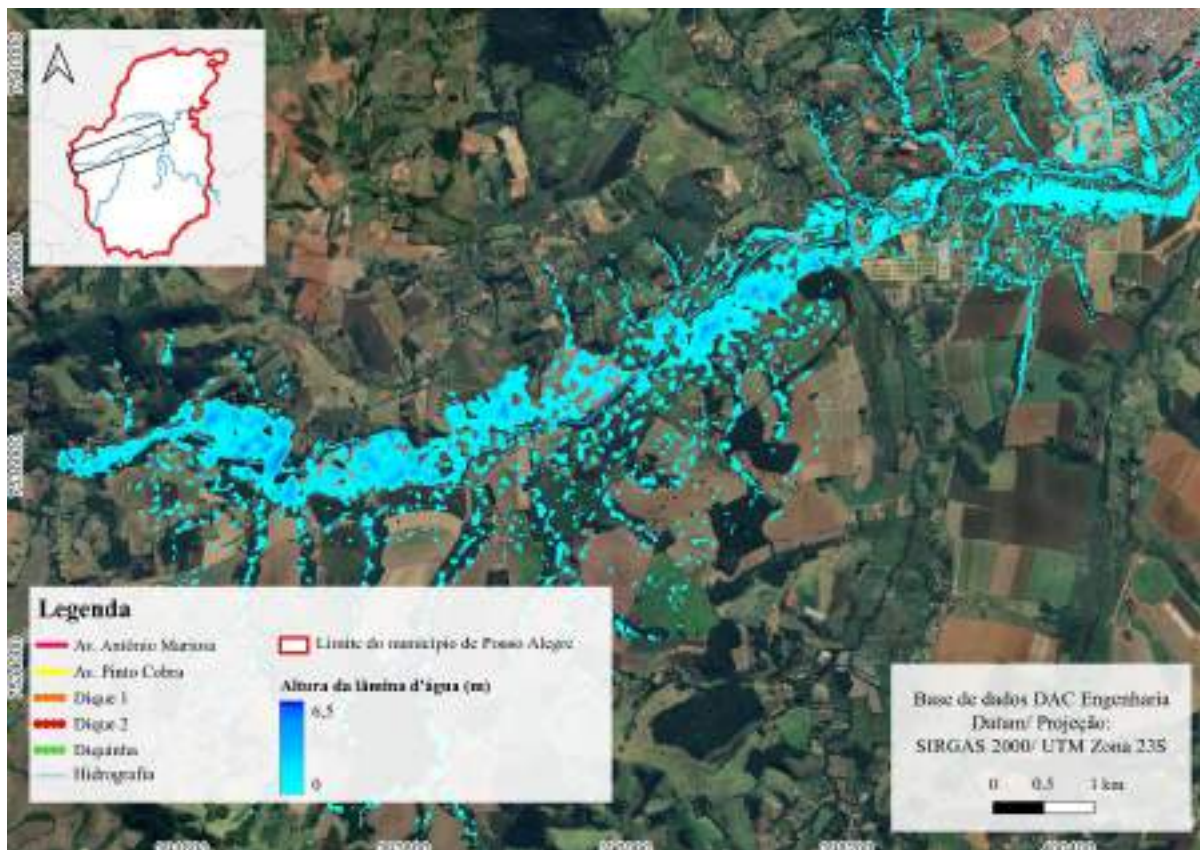


Figura 98 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 10 (Cena 2)

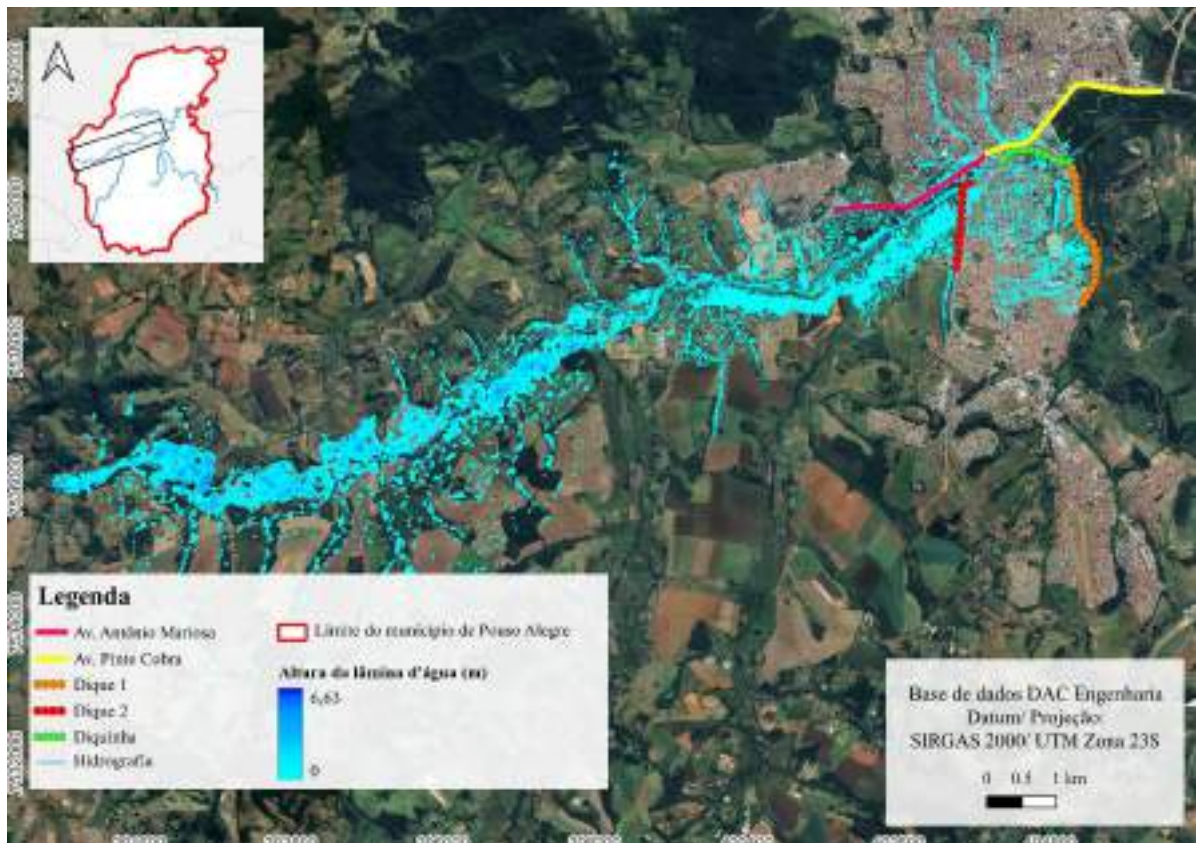


Figura 99 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 25

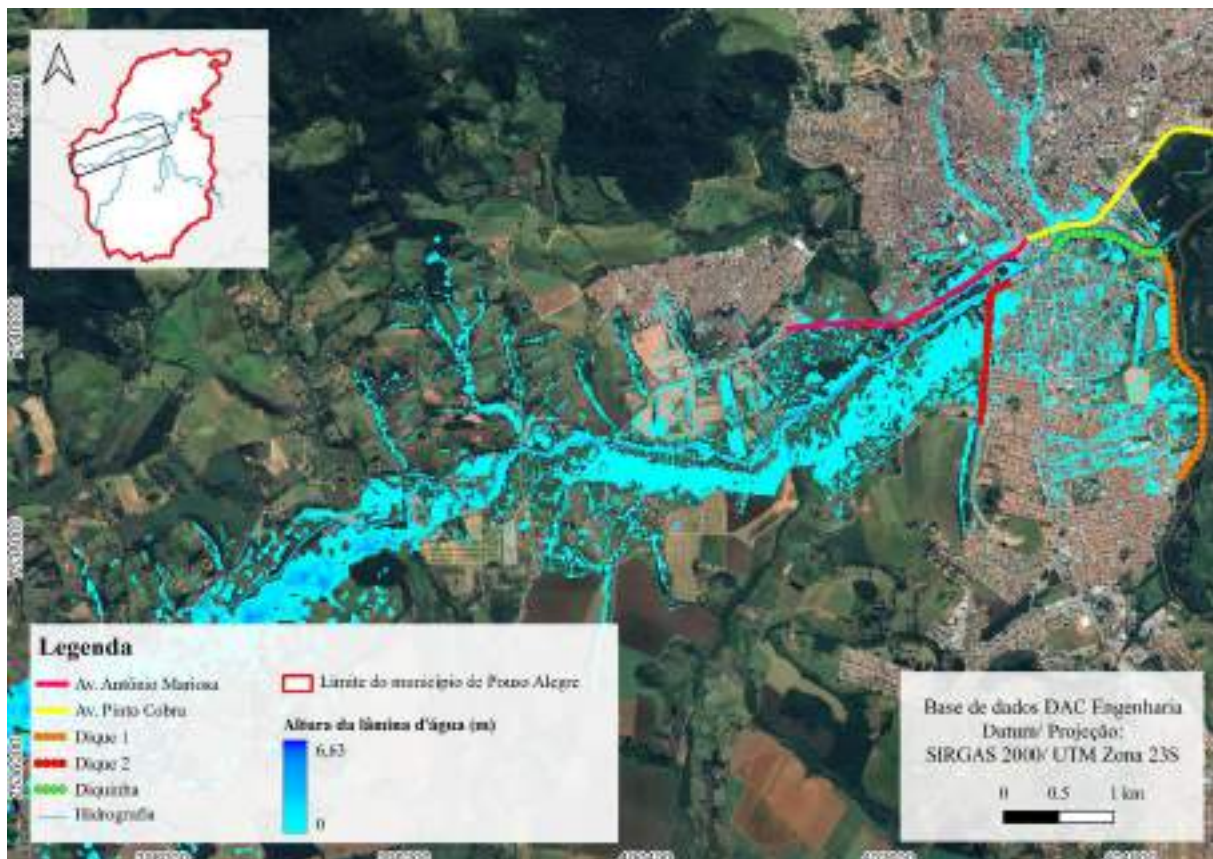


Figura 100 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 25 (Cena 1)

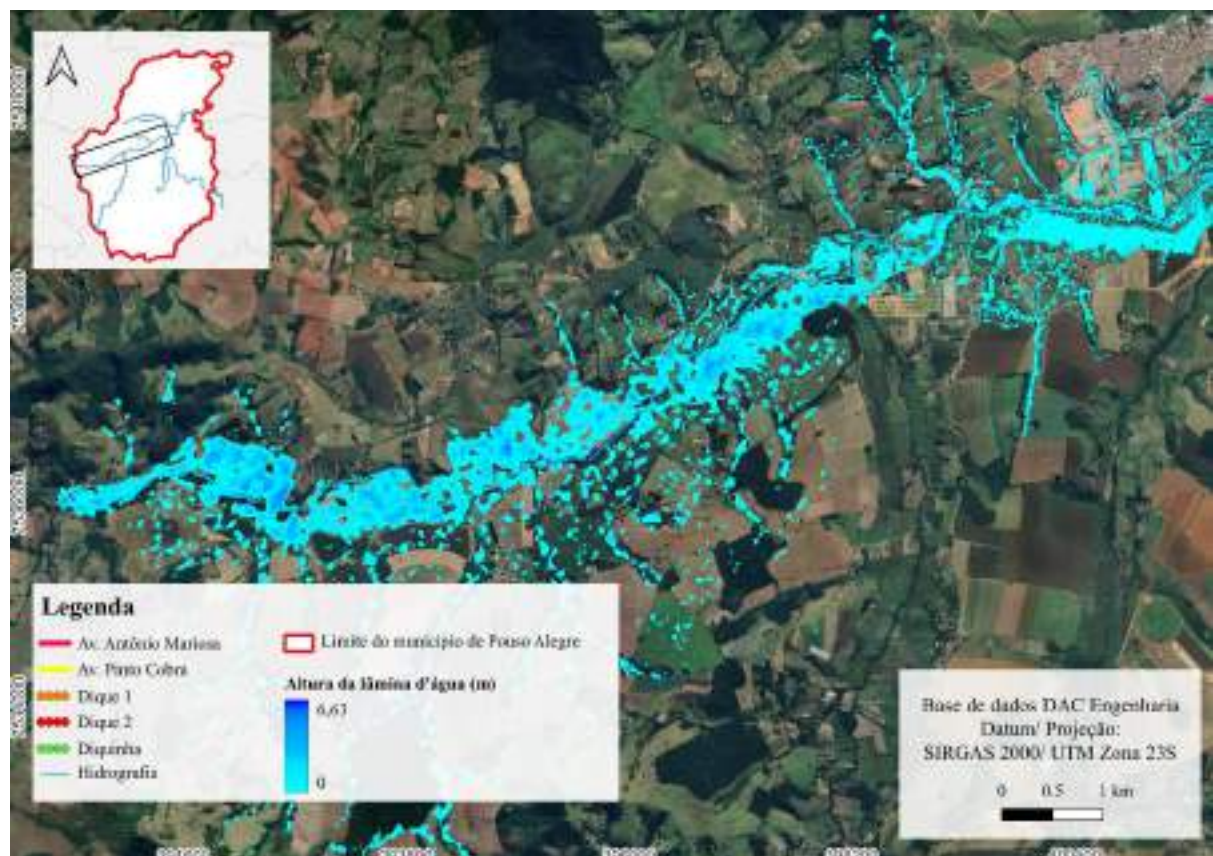
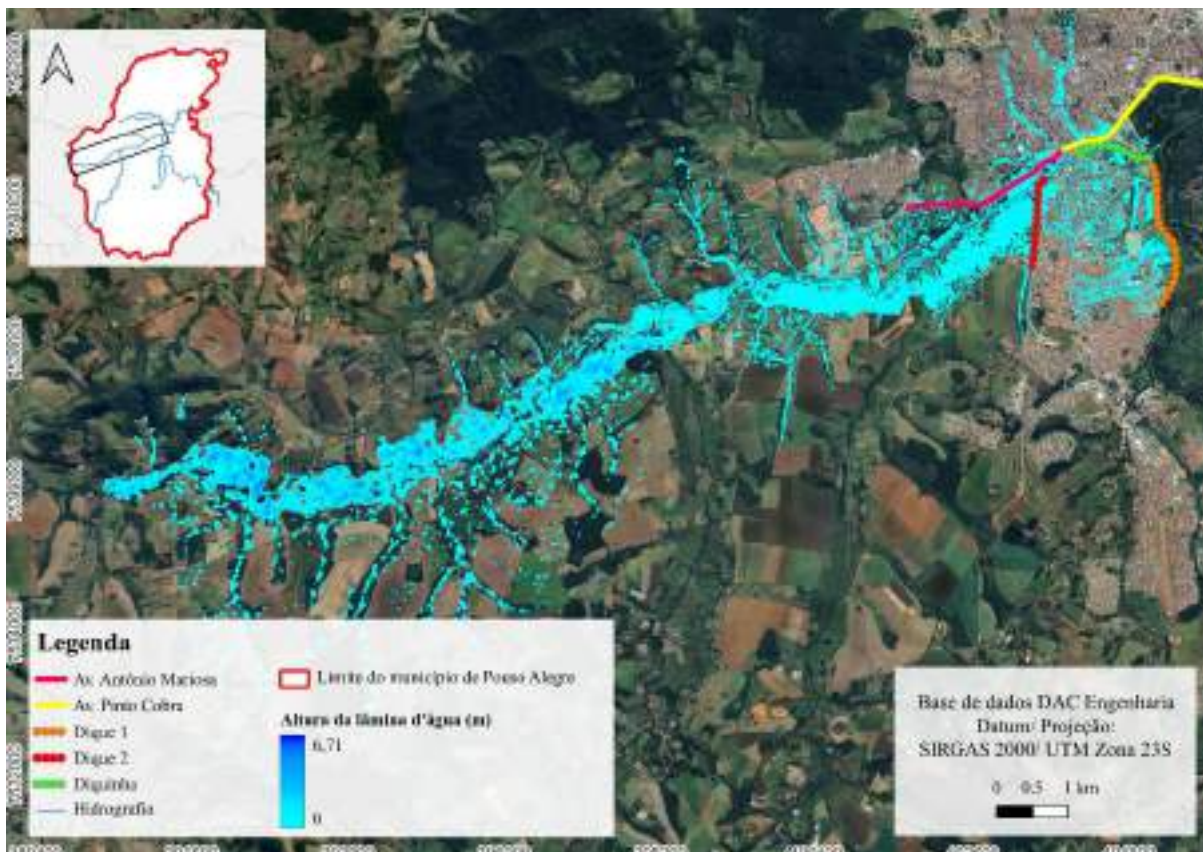
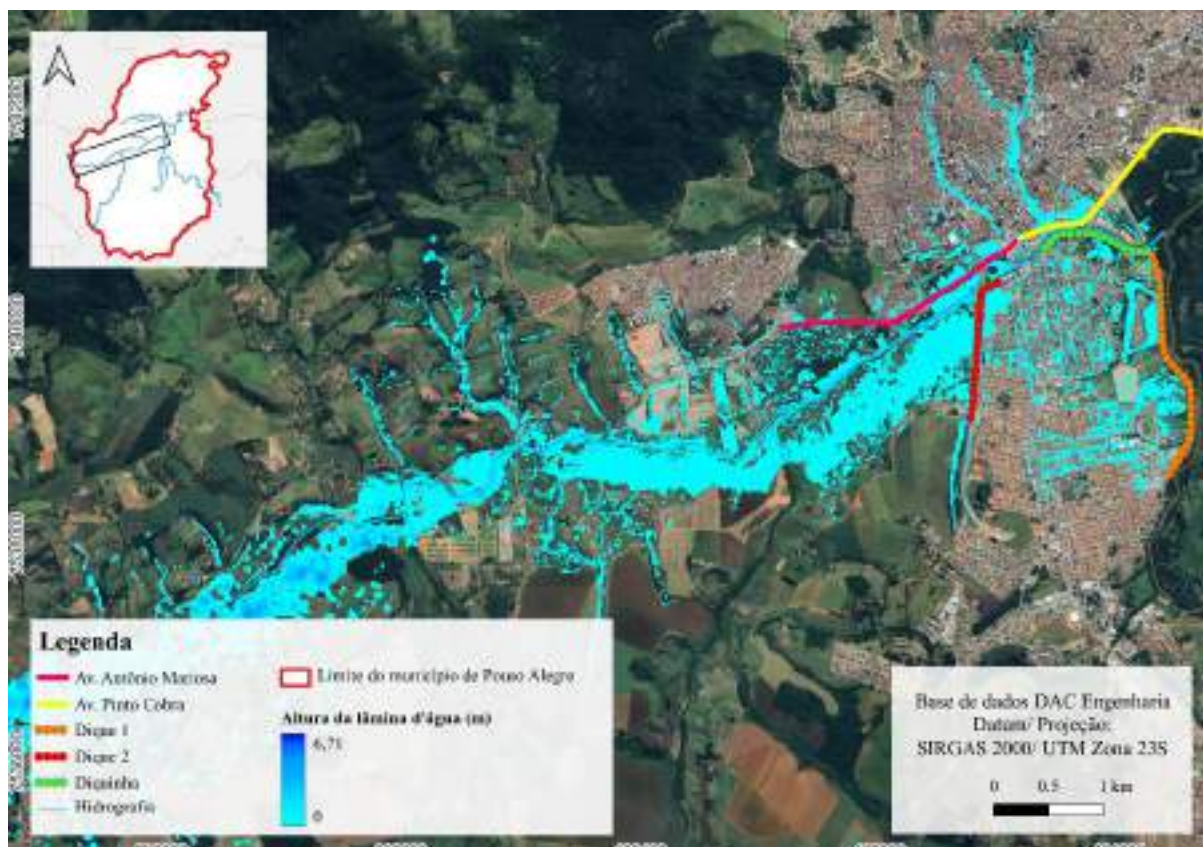


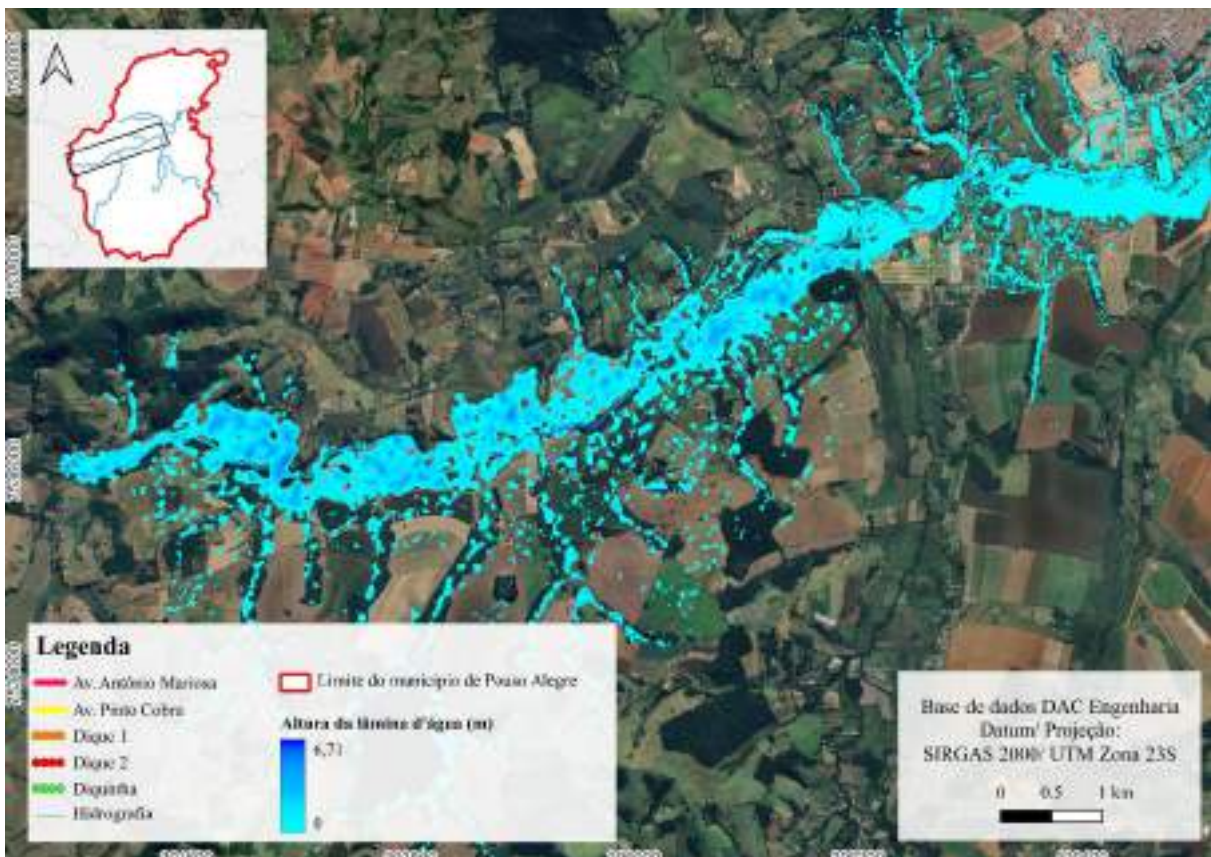
Figura 101 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 25 (Cena 2)



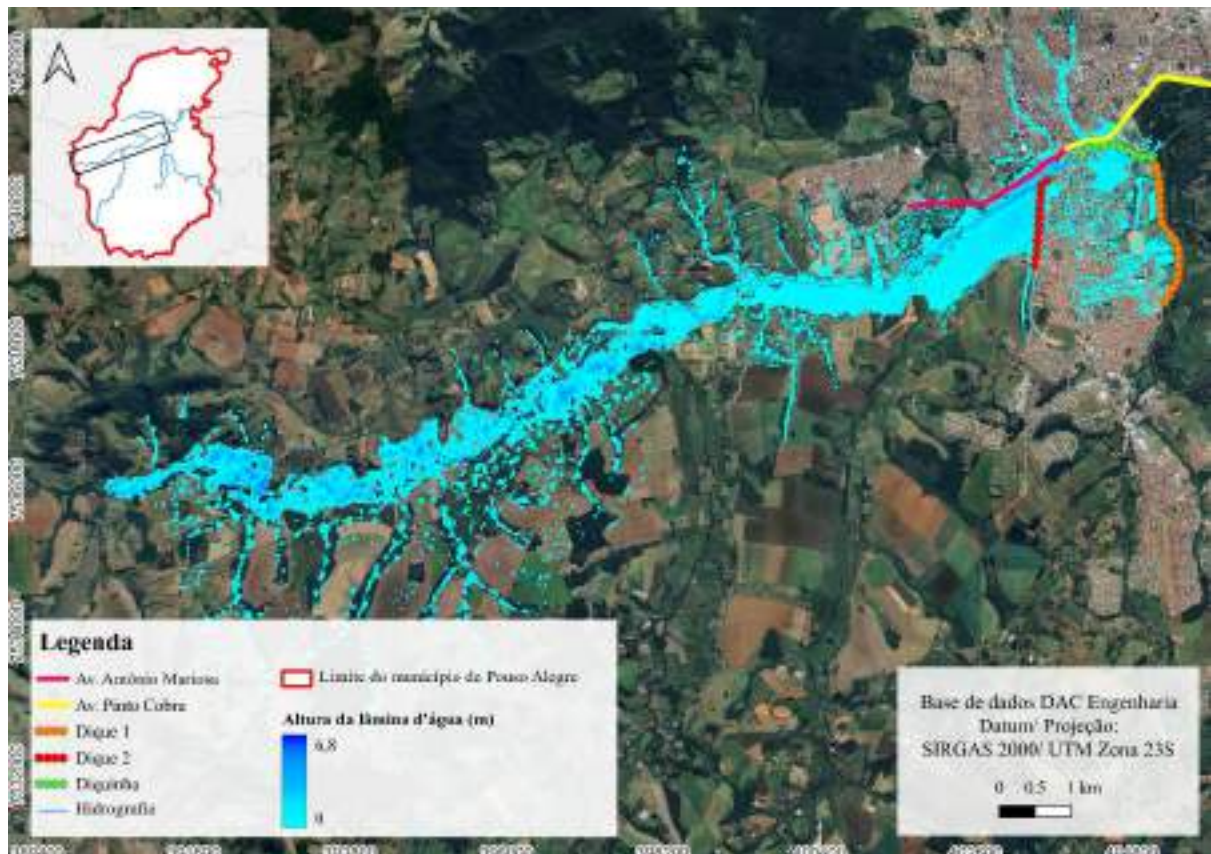
**Figura 102 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 50**



**Figura 103 – Mancha de Acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 50 (Cena 1)**



**Figura 104 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 50 (Cena 2)**



**Figura 105 – Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 100**

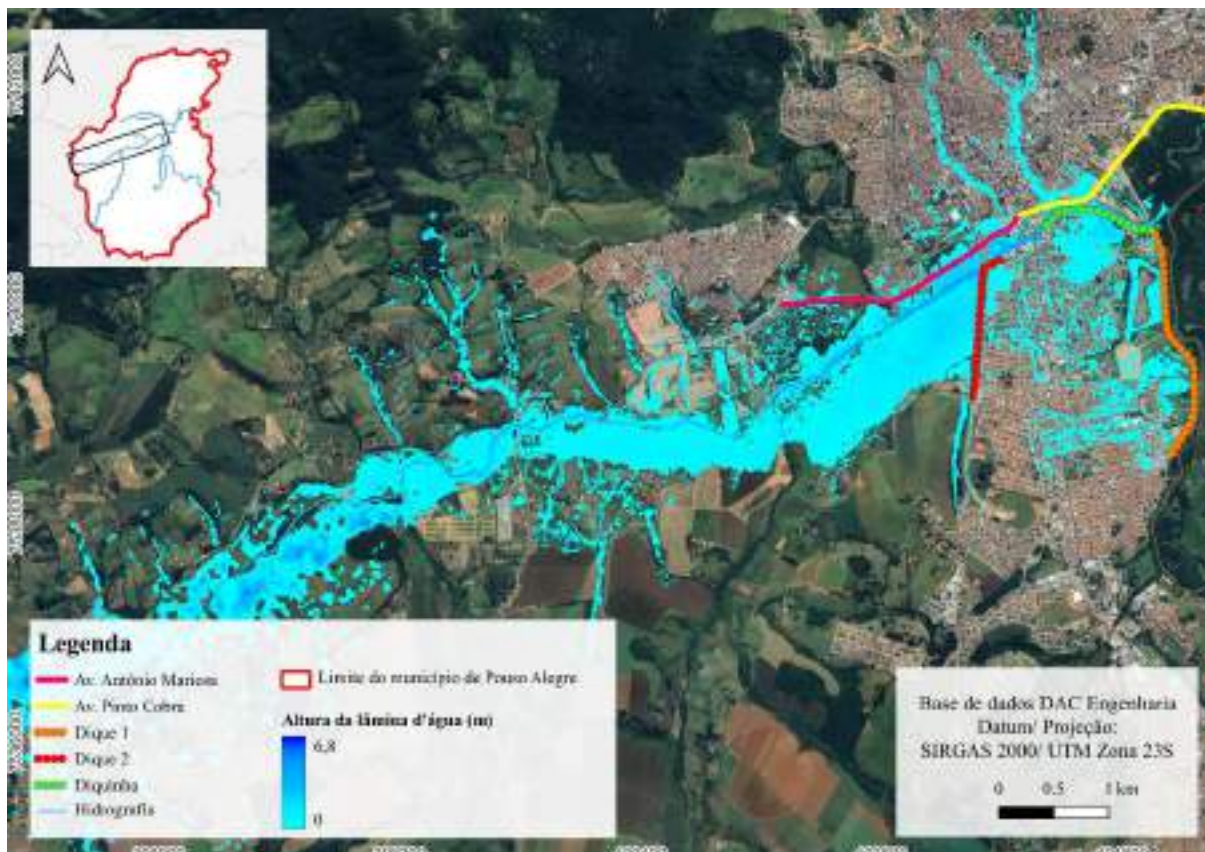


Figura 106 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 100 (Cena 1)

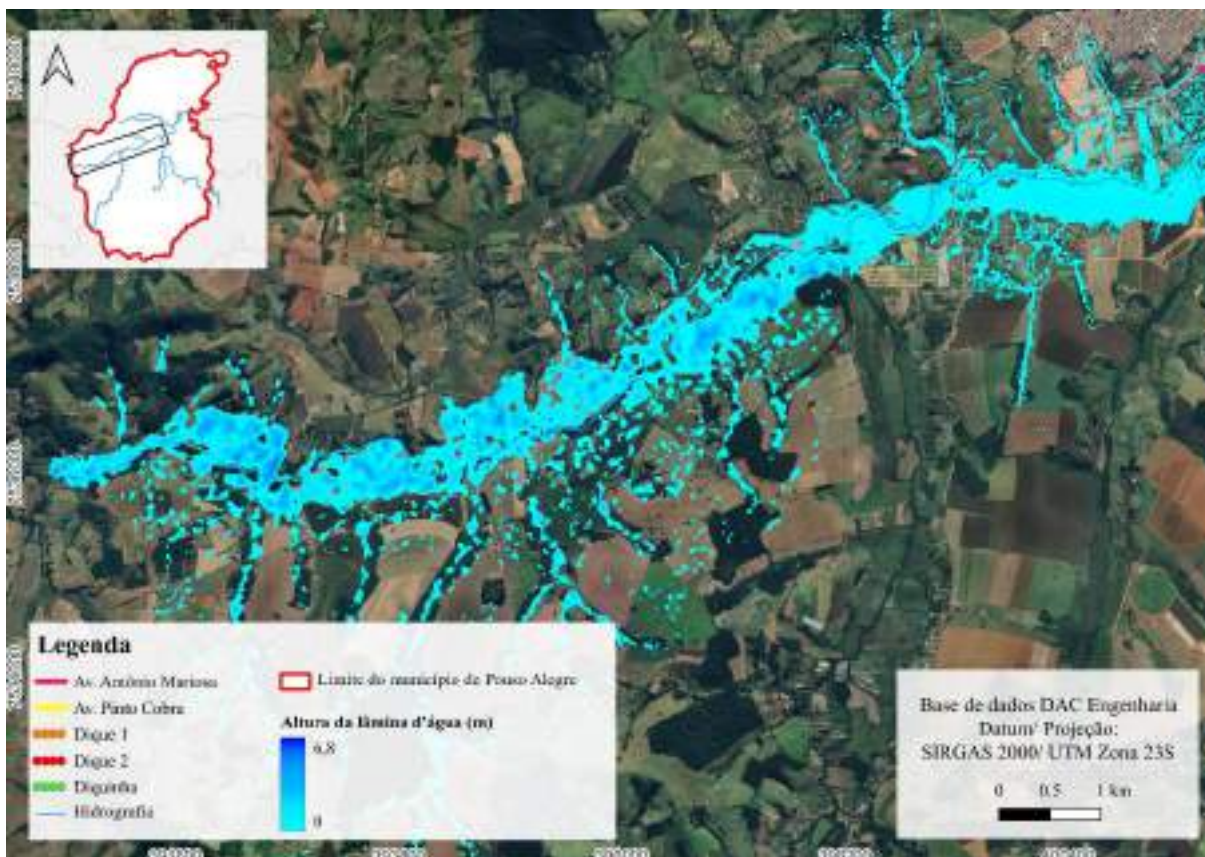
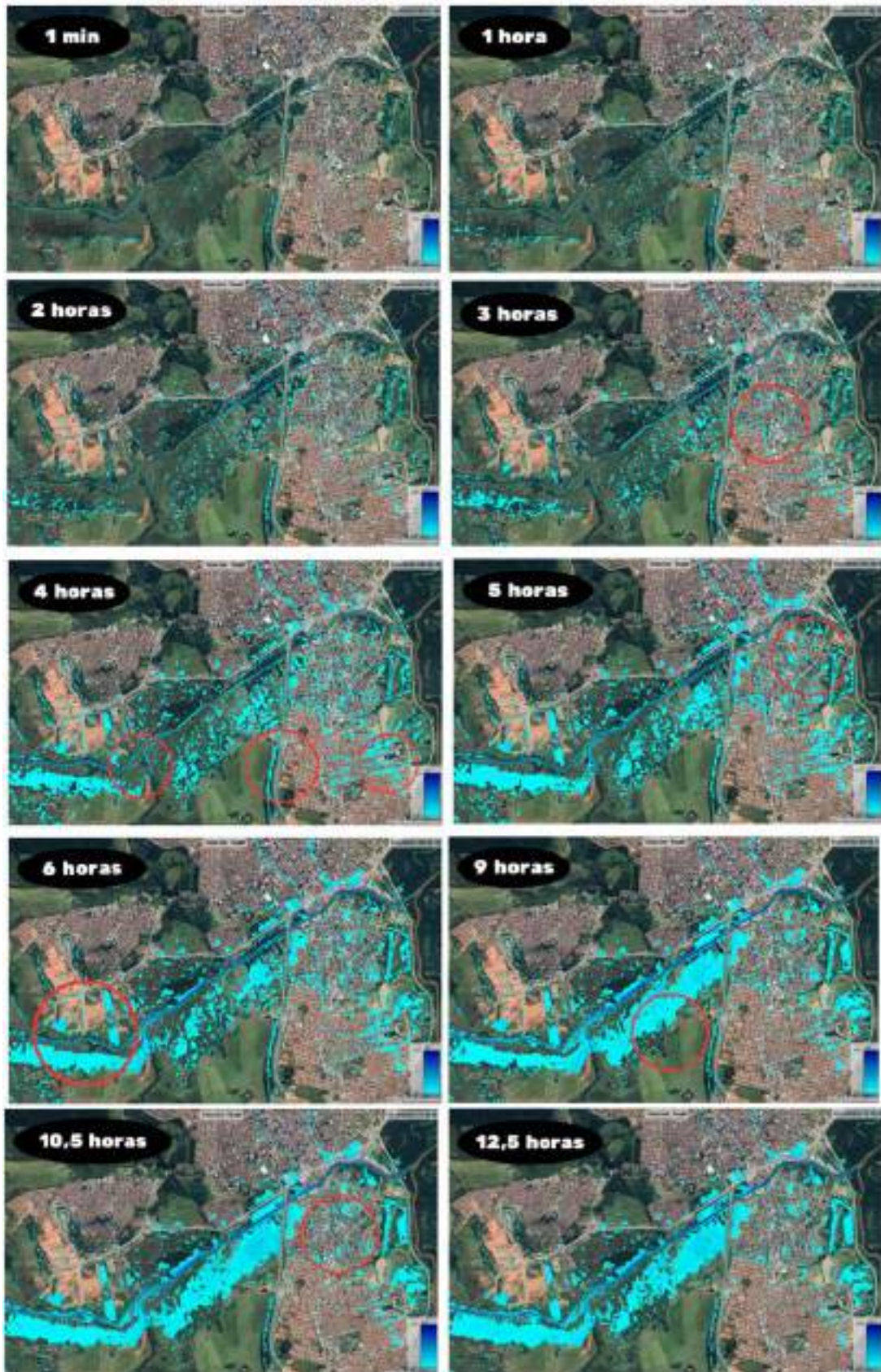


Figura 107 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu – TR 100 (Cena 2)

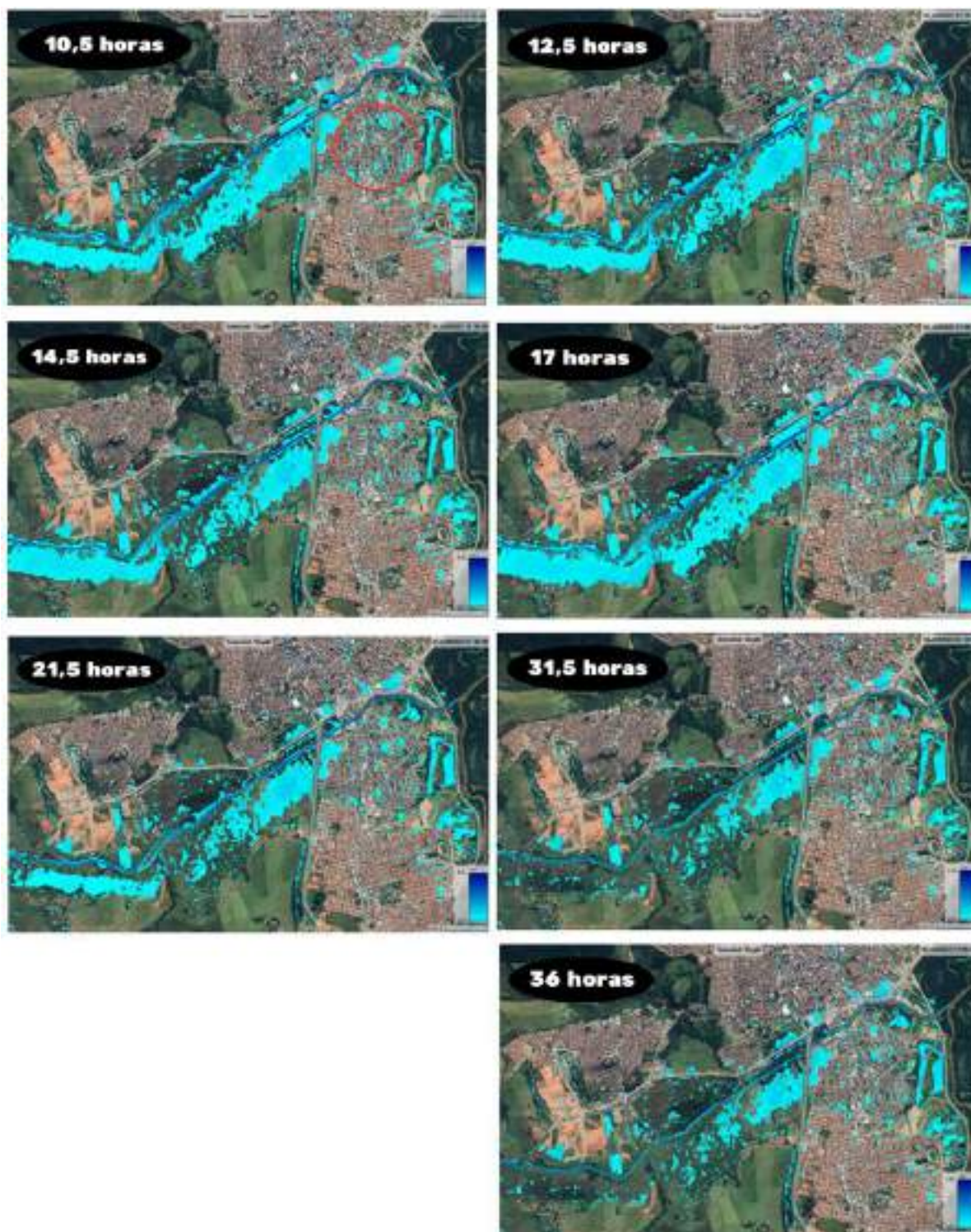
O Rio Mandu adentra a área do município de Pouso Alegre pela porção sudoeste do território, pela divisa com a cidade Borda da Mata. Na Figura 108 e

Figura **109** é explicitado a evolução da mancha de acúmulo hidráulico para um TR de 50 anos, como já utilizado nas bacias anteriores. Nas primeiras quatro horas de chuva é visível pequenos acúmulos pluviais nas áreas dos bairros São Geraldo, Centro e Aristeu Rios e principalmente em áreas em torno do curso do rio. A partir da cena de 6 horas de duração de cheia, é possível identificar pontos de acúmulo hidráulico do rio, entretanto, os pontos de acúmulo que afetam os bairros São Geraldo, São José e Centro são caracterizados como alagamento, caracterizando ineficiência da microdrenagem.

O pico de cheia do rio é observado as 17 horas de acúmulo hidráulico, identifica-se que as áreas mais alagáveis não possuem ocupação urbana, entretanto existem diversas áreas com grande volume de alagamento que decorrem de problemas na drenagem das áreas urbanas.



**Figura 108 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu (TR 50)**

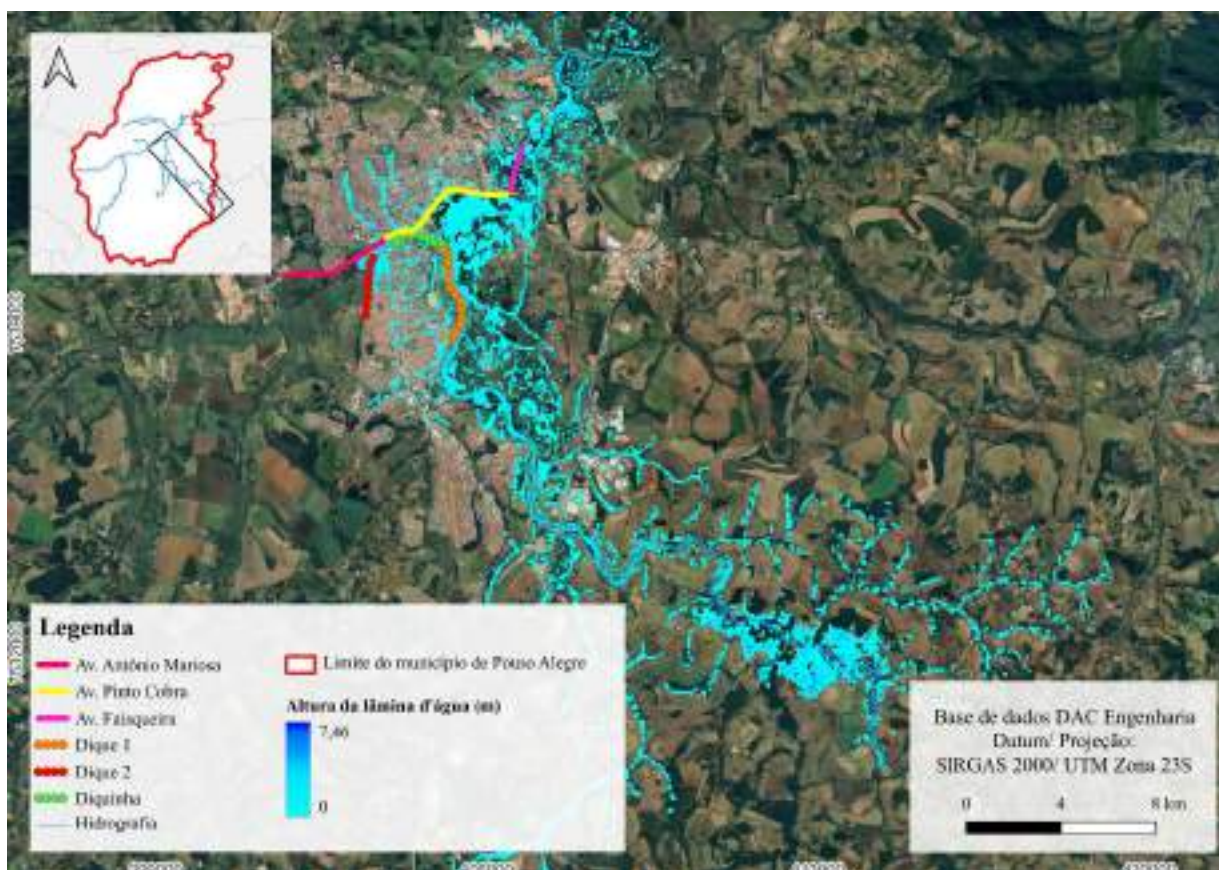


**Figura 109 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Mandu (TR 50) –  
Continuação**

### 1.2.3. Bacia do Rio Sapucaí Mirim

Os hidrogramas de projeto forneceram os dados de vazão utilizados na simulação das áreas inundadas do Rio Sapucaí-Mirim, sendo empregados como entradas para as sub-bacias. Na zona de análise, os dados de entrada fundamentam-se no volume de precipitação. Essa metodologia foi adotada para examinar as repercussões do aumento das cheias nas áreas afetadas pelo processo de inundação do rio.

O Rio Sapucaí-Mirim atravessa o município de Pouso Alegre até sua foz no Rio Sapucaí, ainda dentro do município. Seu curso atravessa uma área comercial e residencial do município. A manifestação da cheia, sobretudo, impacta os bairros Faisqueira, Belo Horizonte, Árvore Grande, Recanto dos Rios e Jardim Jatobá. Nas Figura 110 a Figura 129 são apresentadas as manchas de acúmulo hidráulico obtidas para cada intervalo de tempo de retorno considerado, com ênfase nas áreas urbanas ocupadas.



**Figura 110 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5**

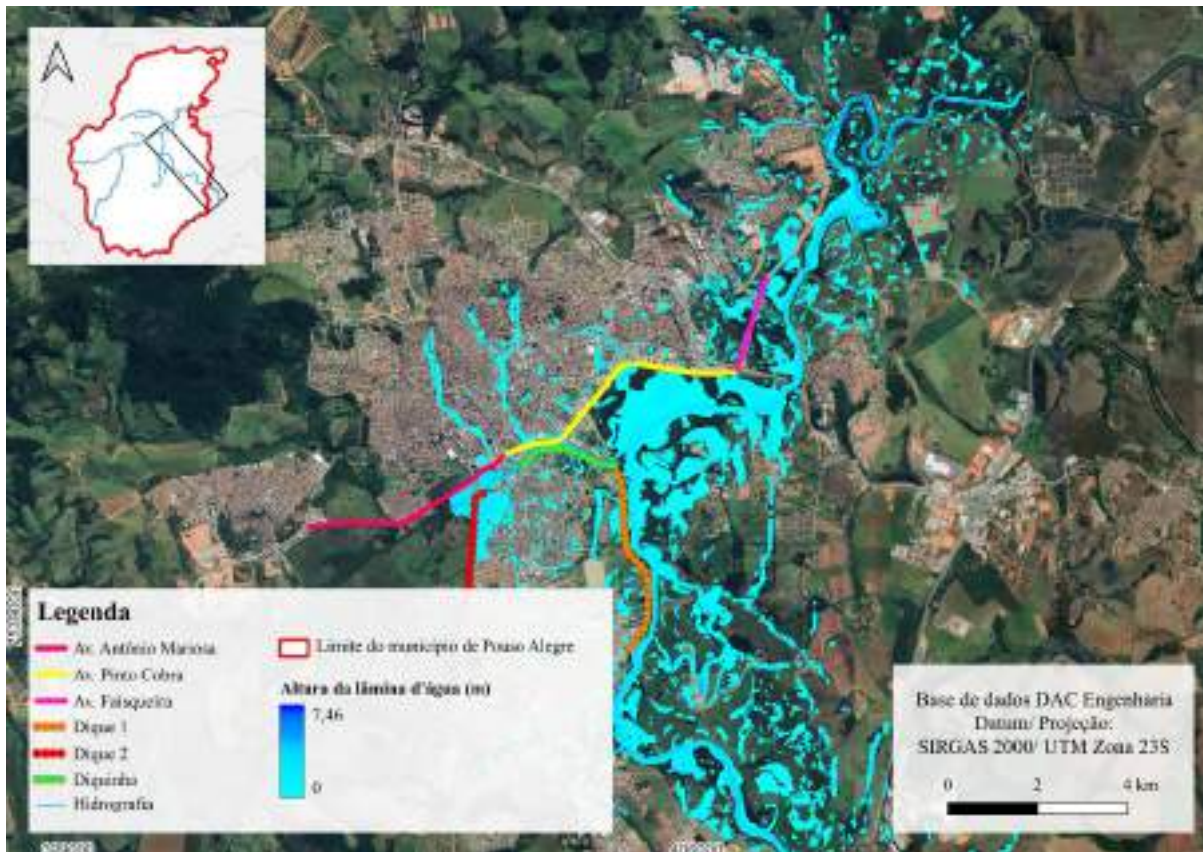


Figura 111 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5 (Cena 1)

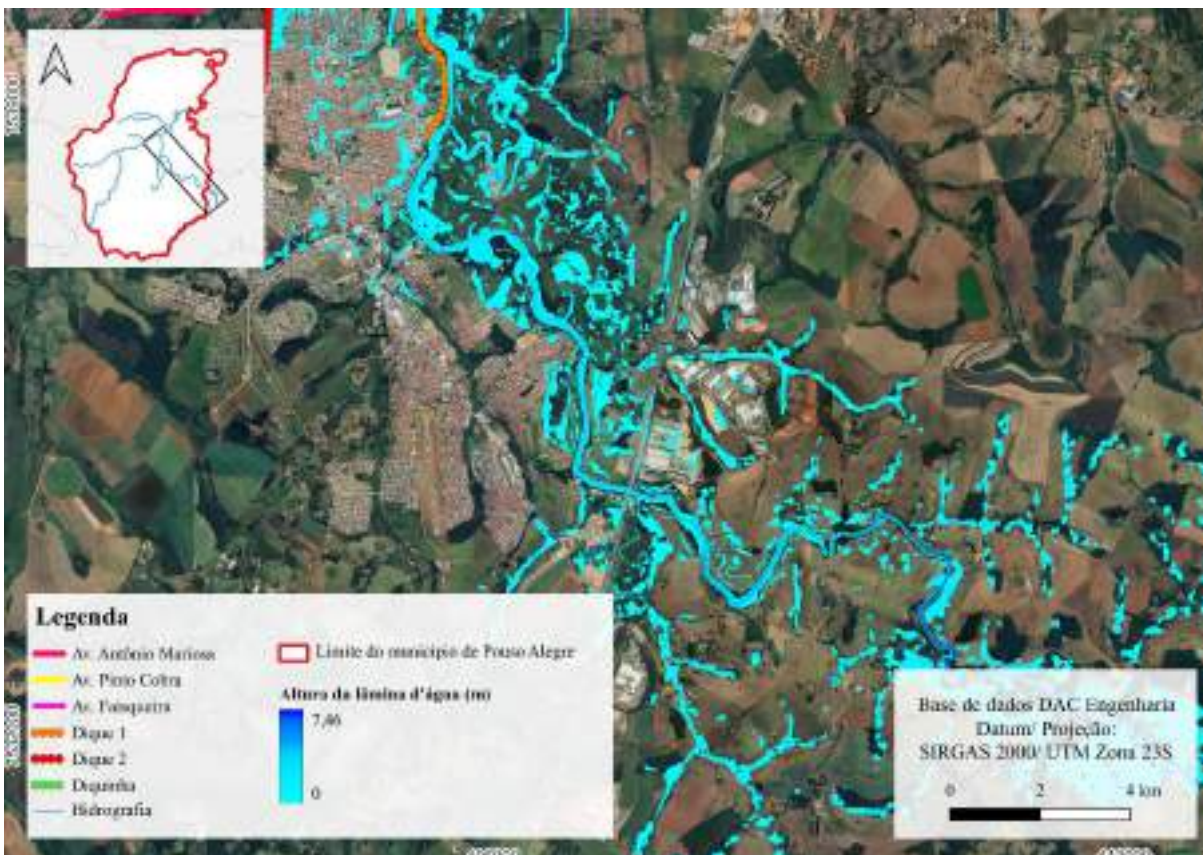
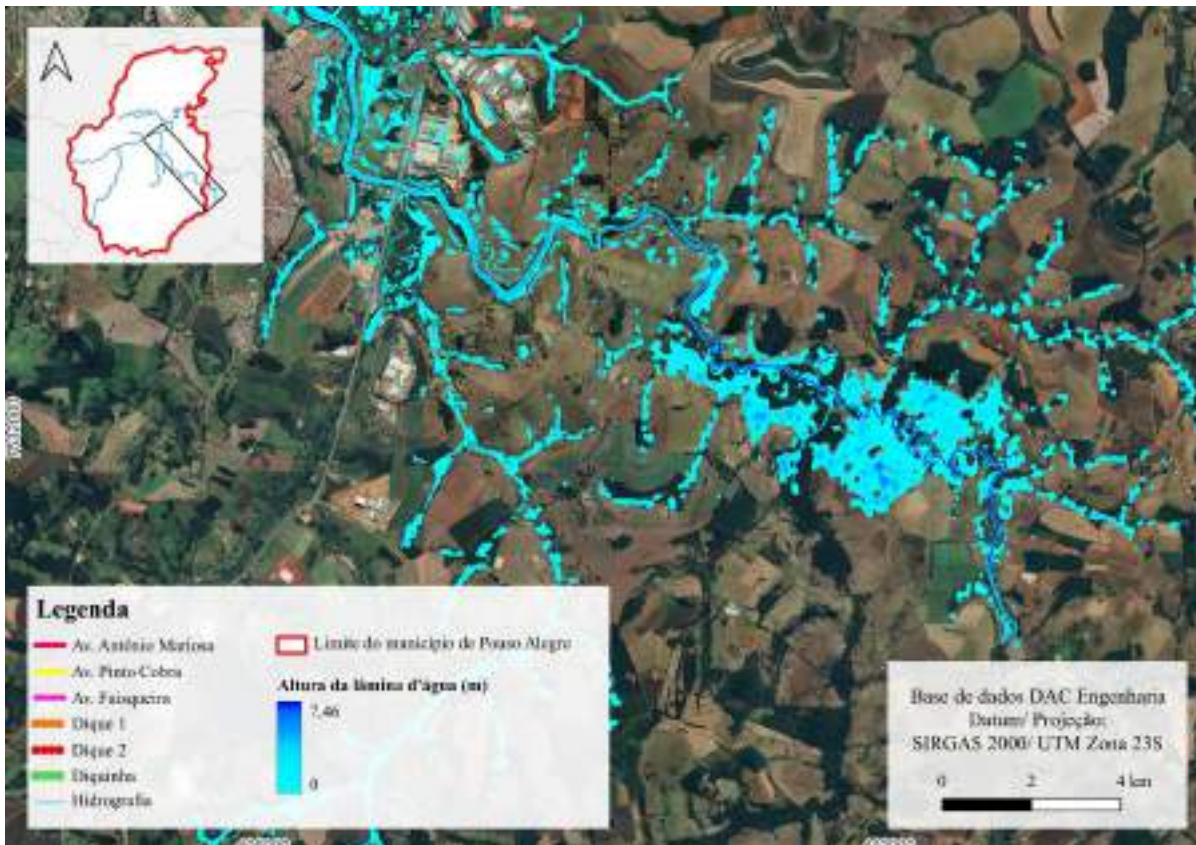
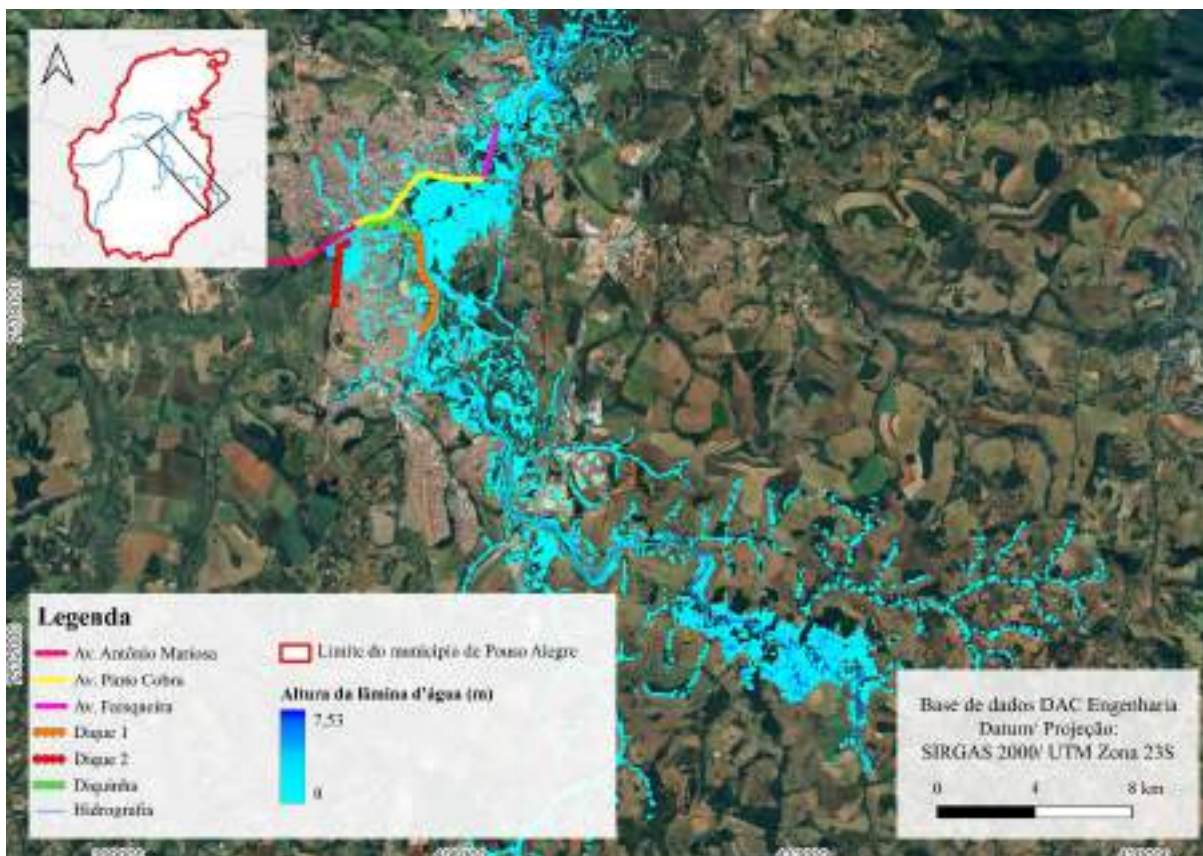


Figura 112 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5 (Cena 2)



**Figura 113 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 5 (Cena 3)**



**Figura 114 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10**

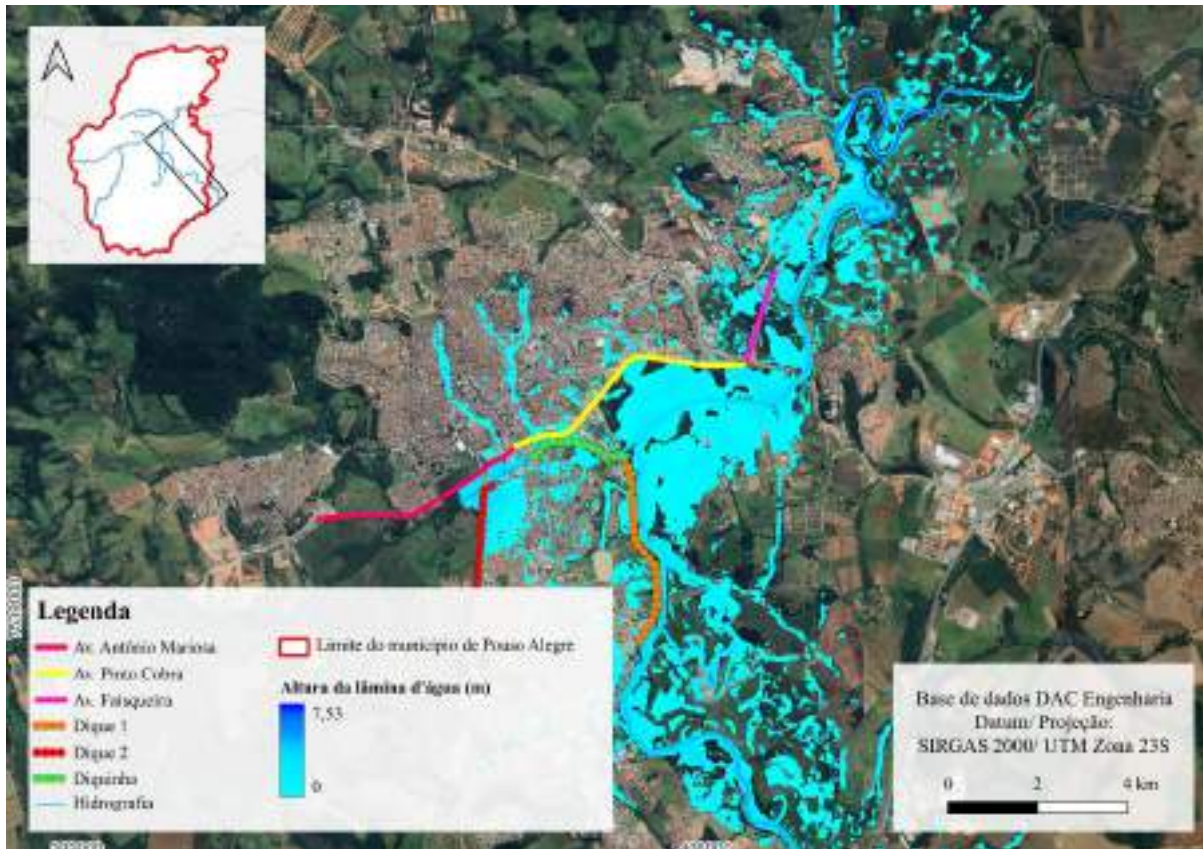


Figura 115 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10 (Cena 1)



Figura 116 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10 (Cena 2)

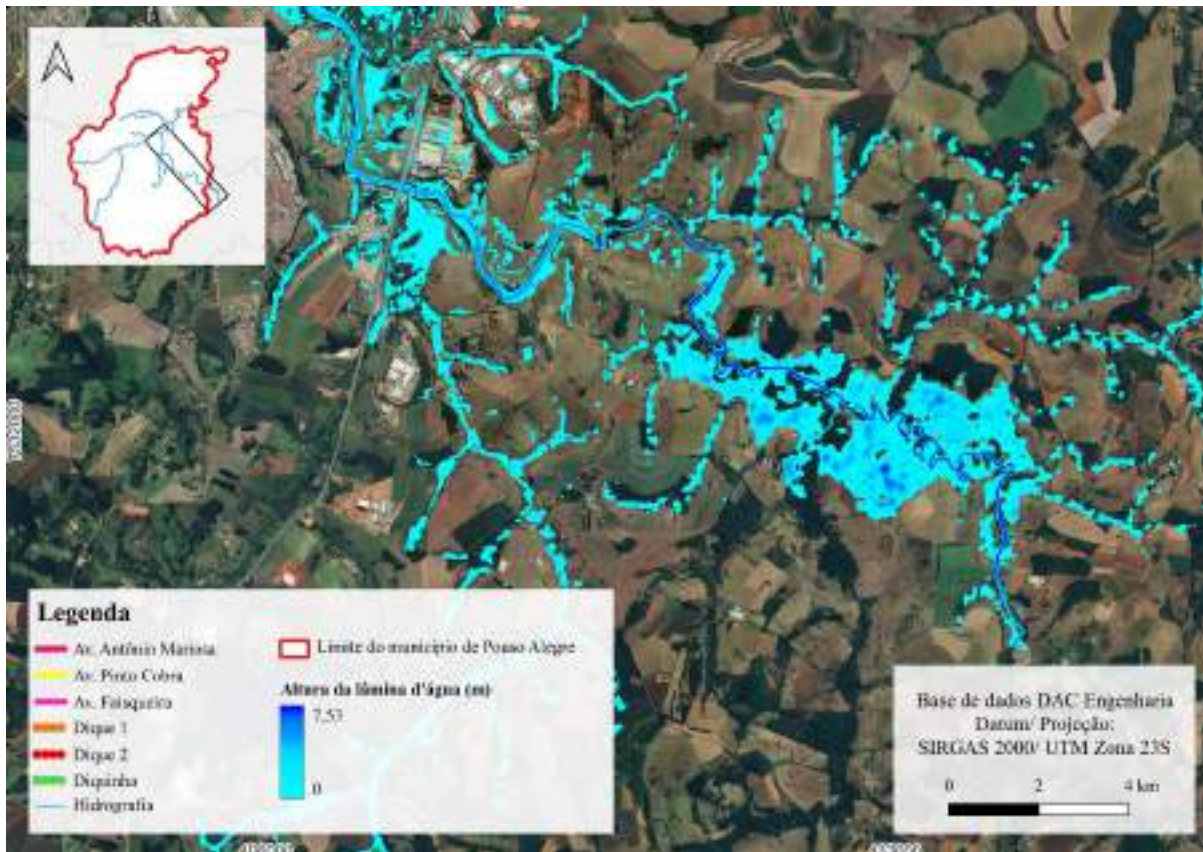


Figura 117 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 10 (Cena 3)

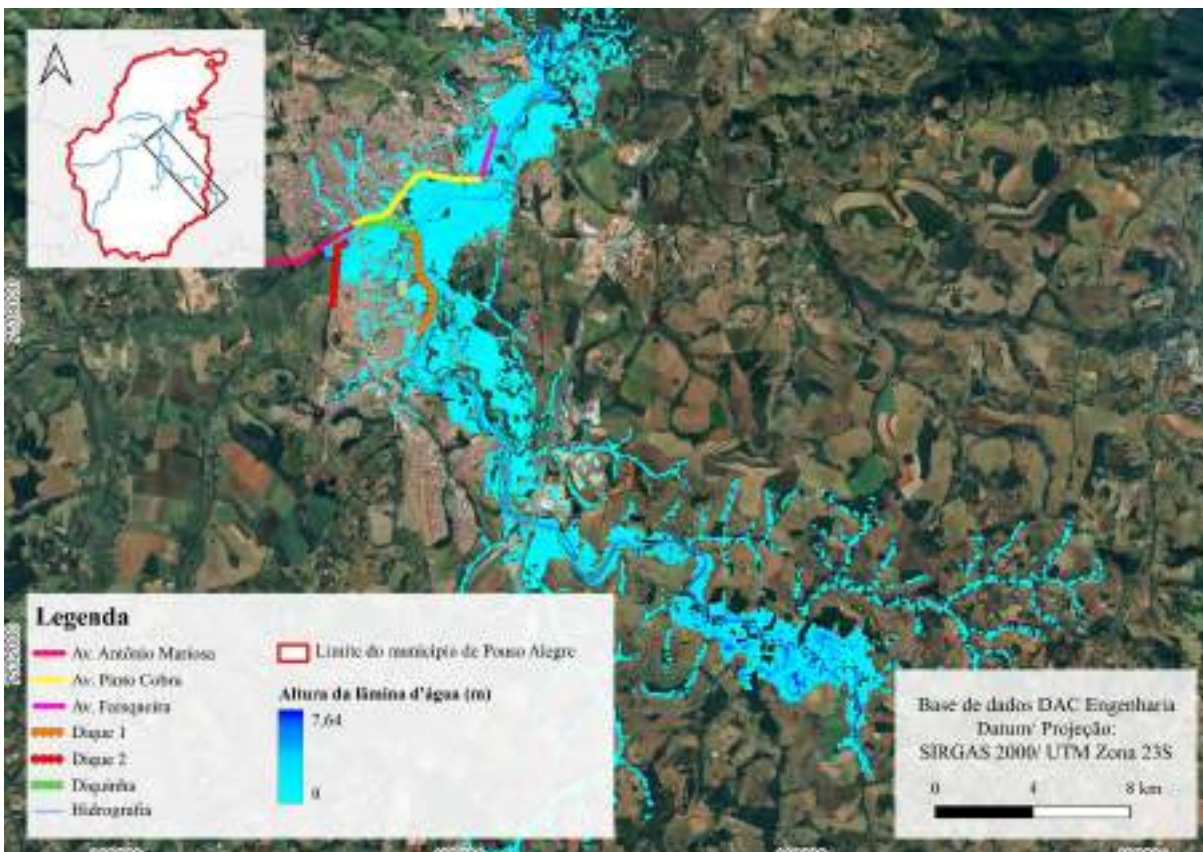


Figura 118 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25

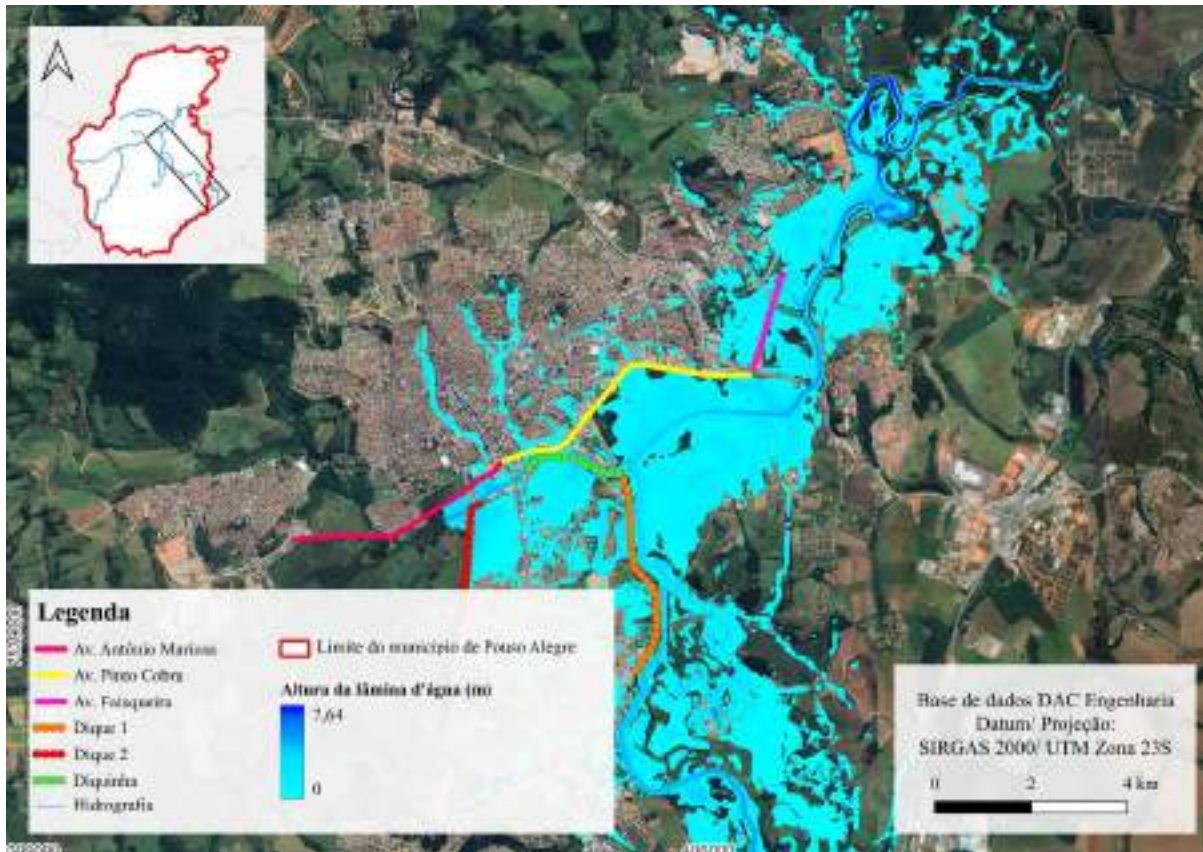


Figura 119 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25 (Cena 1)

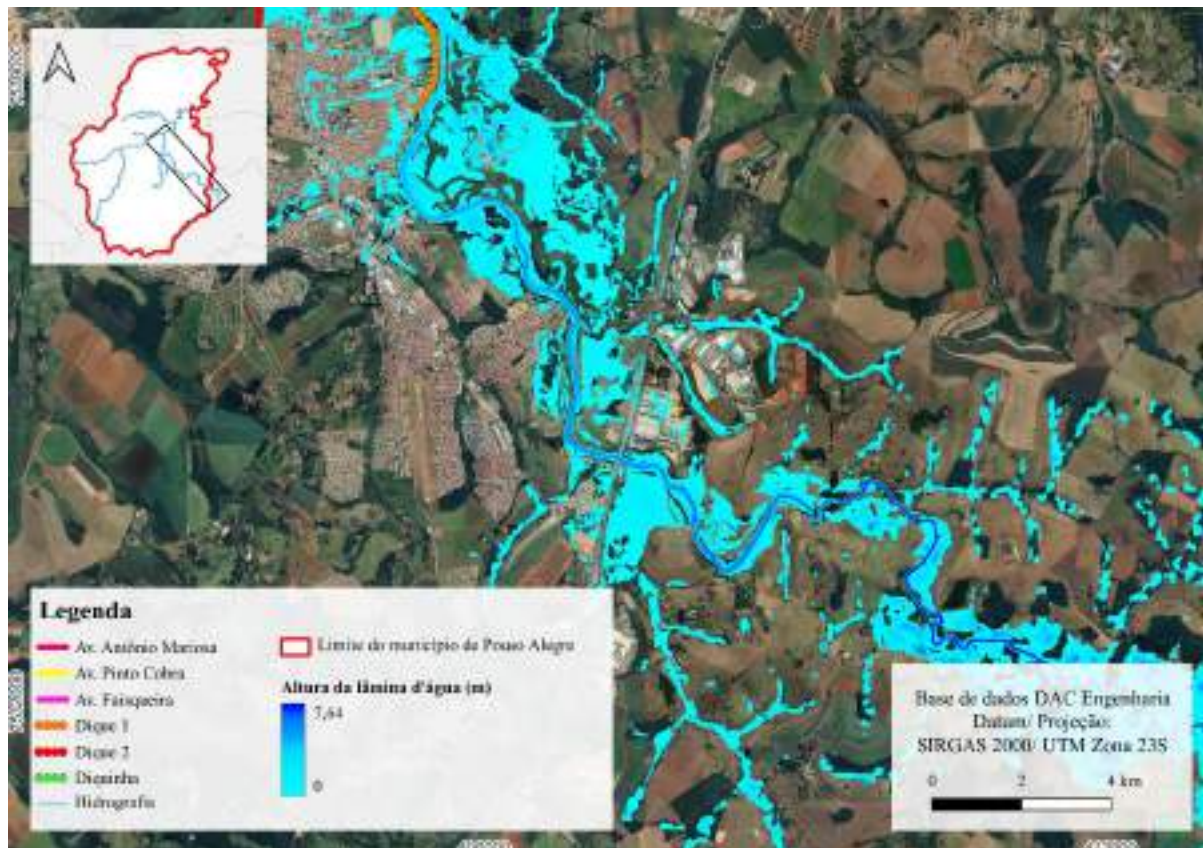


Figura 120 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25 (Cena 2)

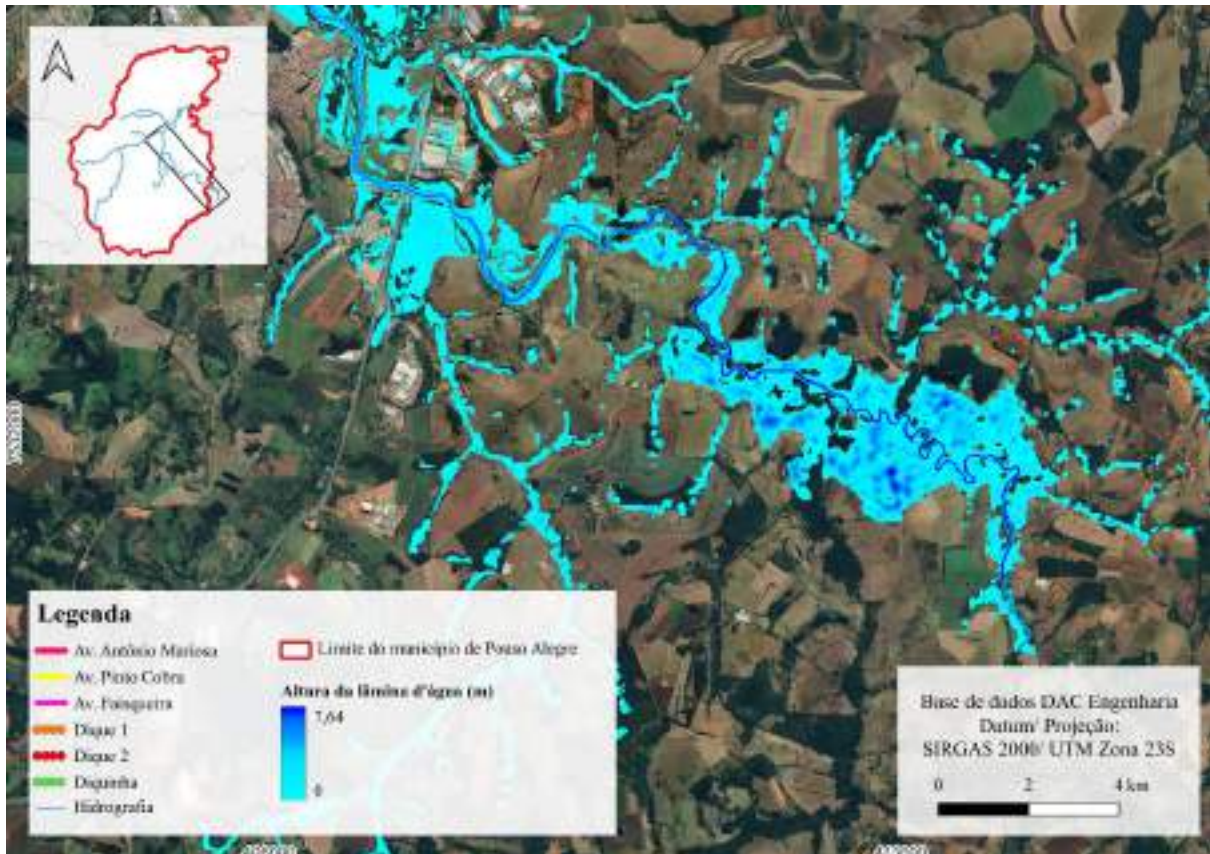


Figura 121 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 25 (Cena 3)

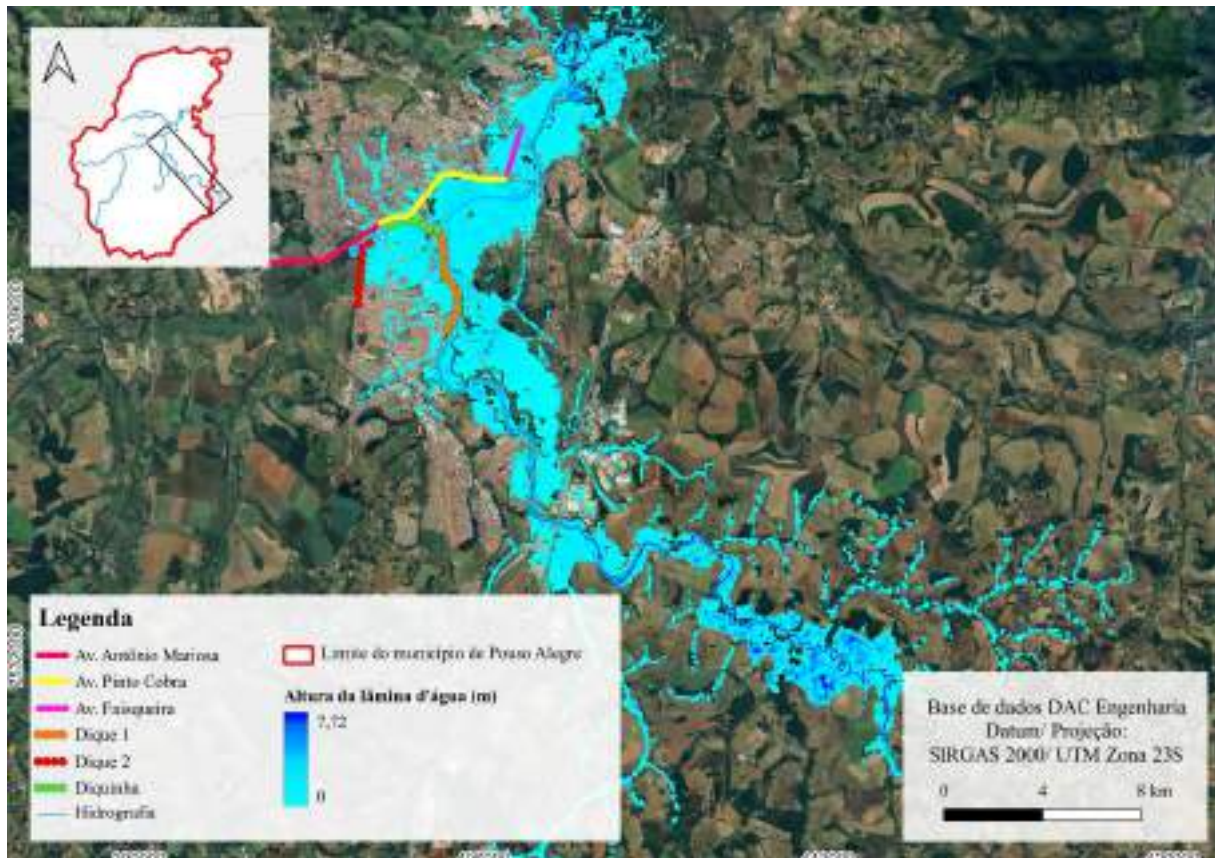


Figura 122 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 50

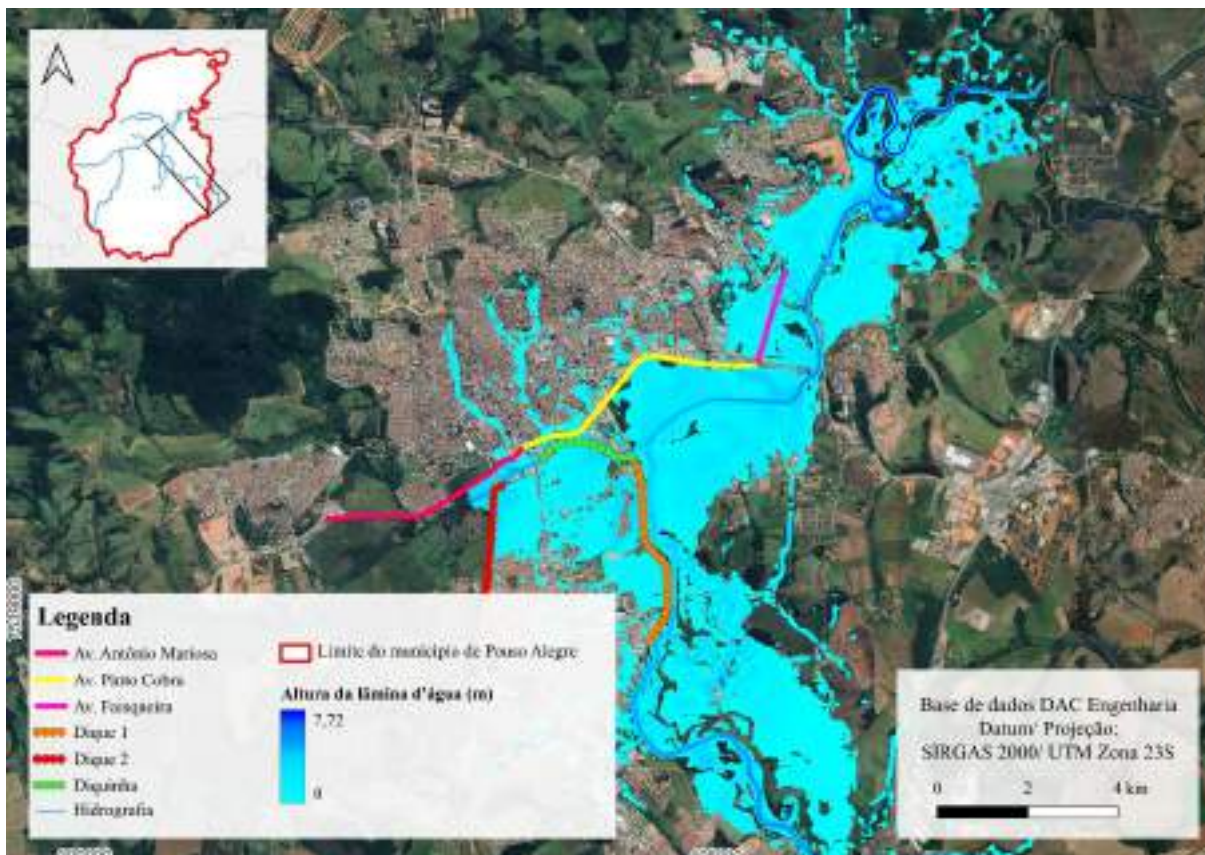


Figura 123 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 50 (Cena 1)



Figura 124 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 50 (Cena 2)

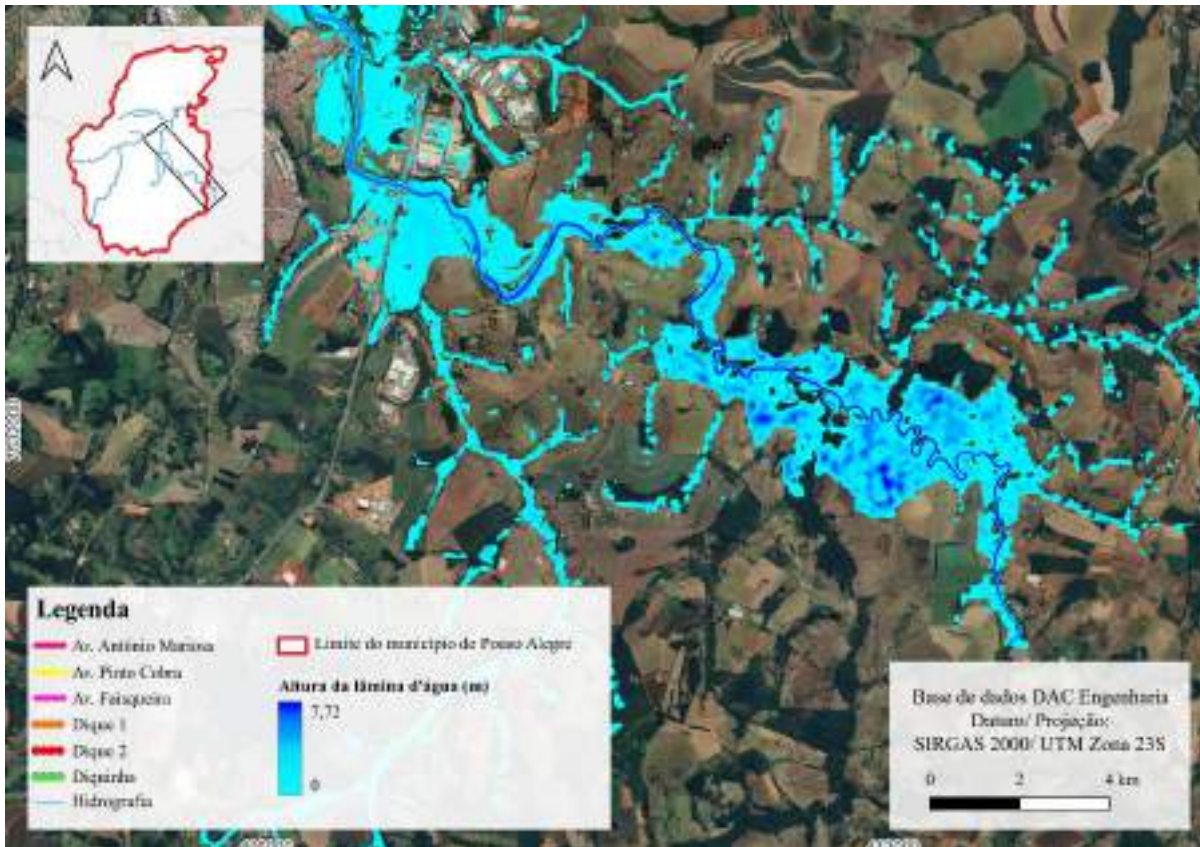


Figura 125 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim– TR 50 (Cena 3)

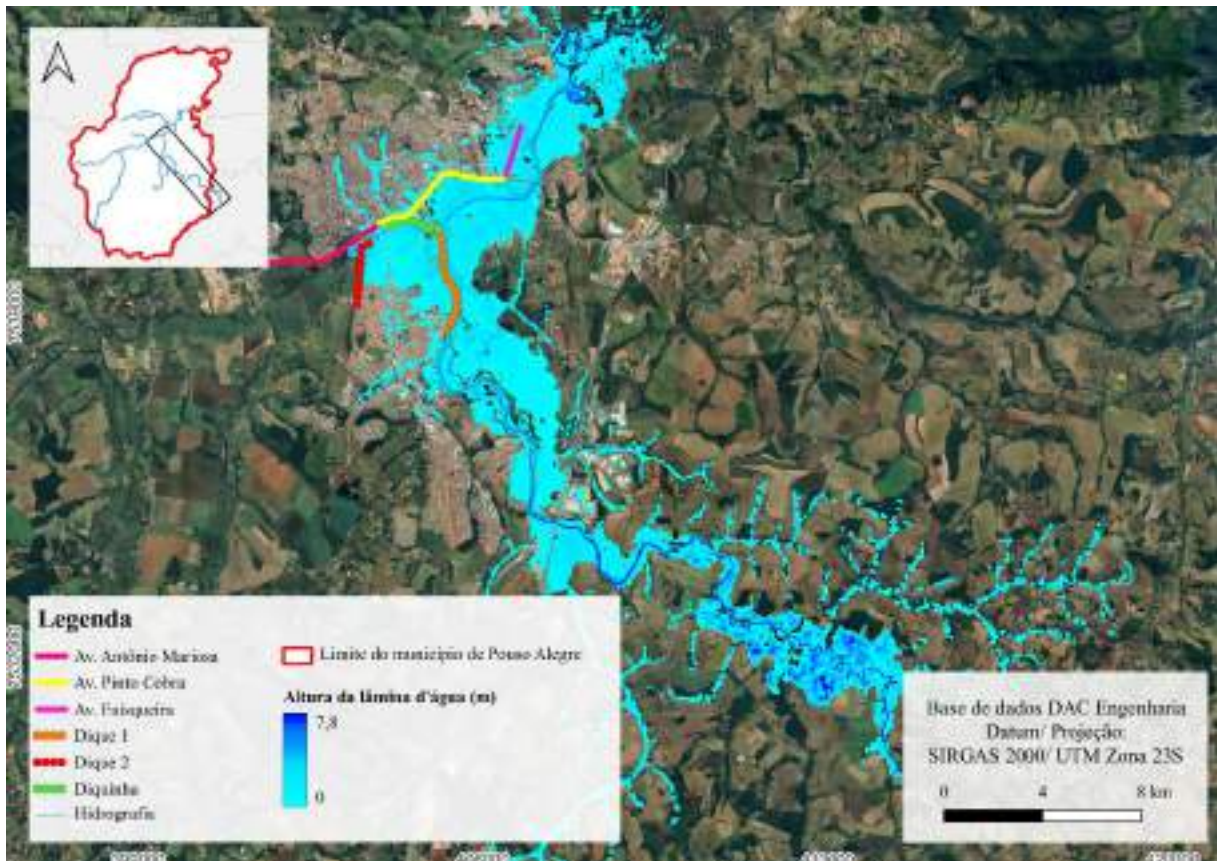


Figura 126 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100

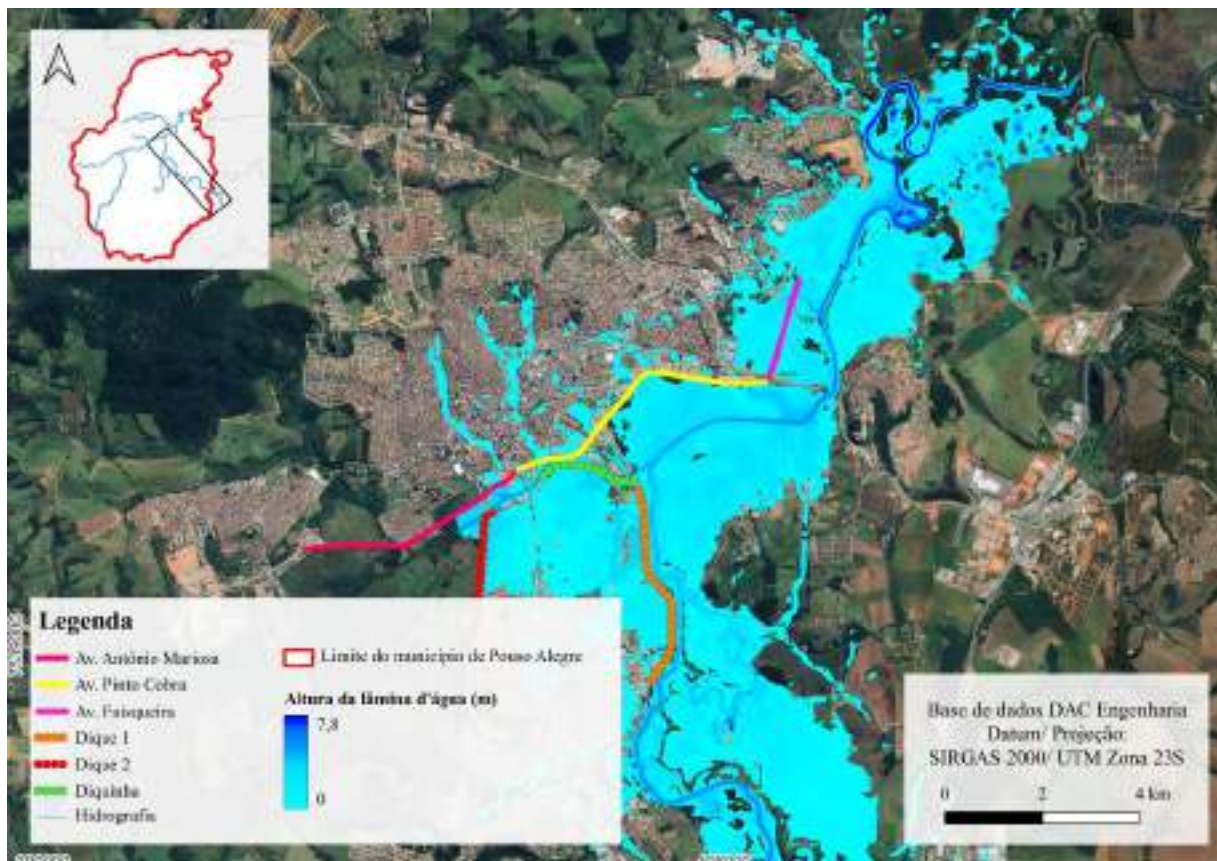
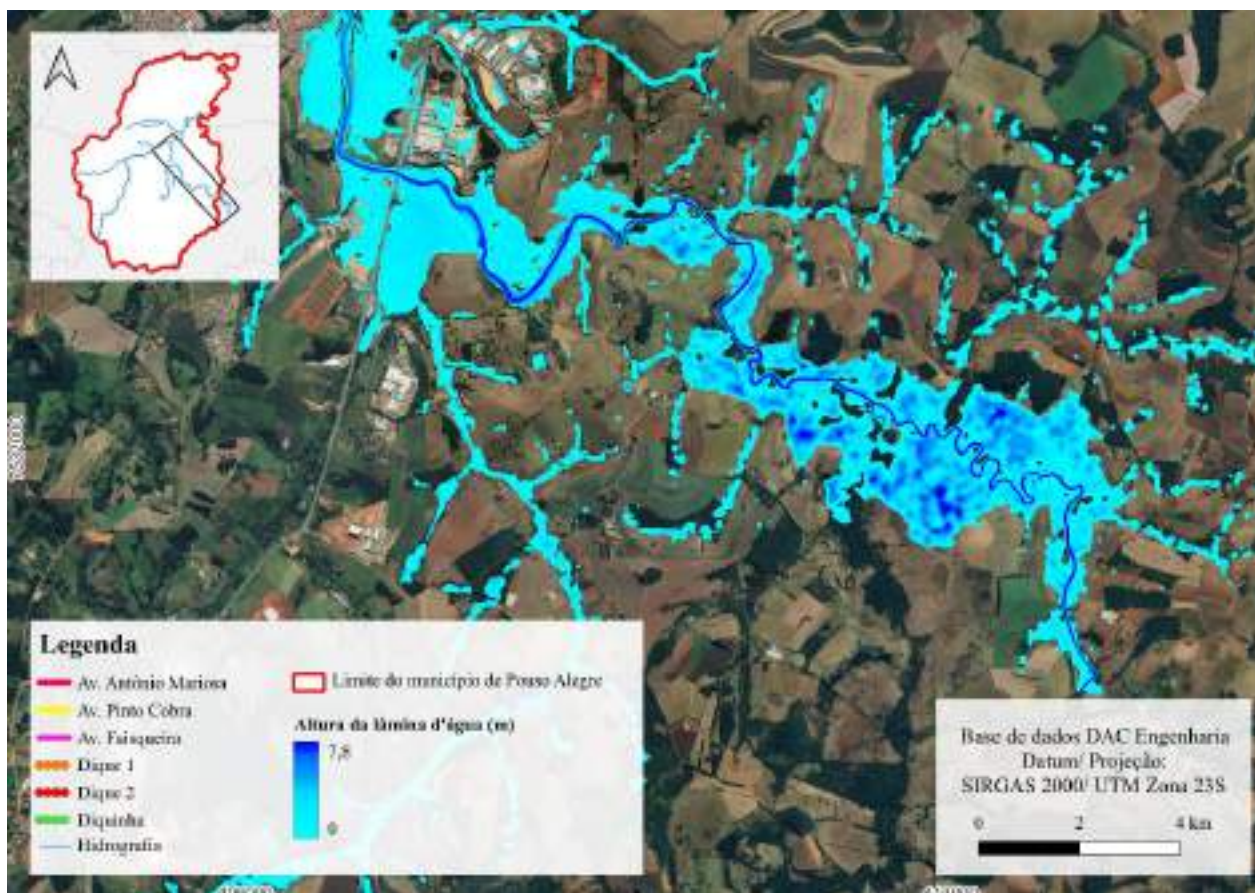


Figura 127 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100 (Cena 1)



Figura 128 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100 (Cena 2)



**Figura 129 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim – TR 100 (Cena 3)**

O Rio Sapucaí-Mirim penetra no território do município de Pouso Alegre pelo sul do seu território. Na Figura 109 é elucidada a evolução da mancha de acúmulo hidráulico para um Tempo de Retorno (TR) de 50 anos, conforme previamente utilizado nas bacias anteriores. Nas quatro primeiras horas de chuva, torna-se visível a formação de pequenos acúmulos pluviais nas áreas dos bairros São Geraldo, Centro e Aristeu Rios, especialmente ao redor do curso do rio.

A partir da cena de cheia com duração de 11 horas, tornam-se identificáveis pontos de acúmulo hidráulico do rio. O pico da cheia do rio é registrado após 32,5 horas de acúmulo hidráulico, revelando que as áreas mais susceptíveis a inundação não possui ocupação urbana significativa.

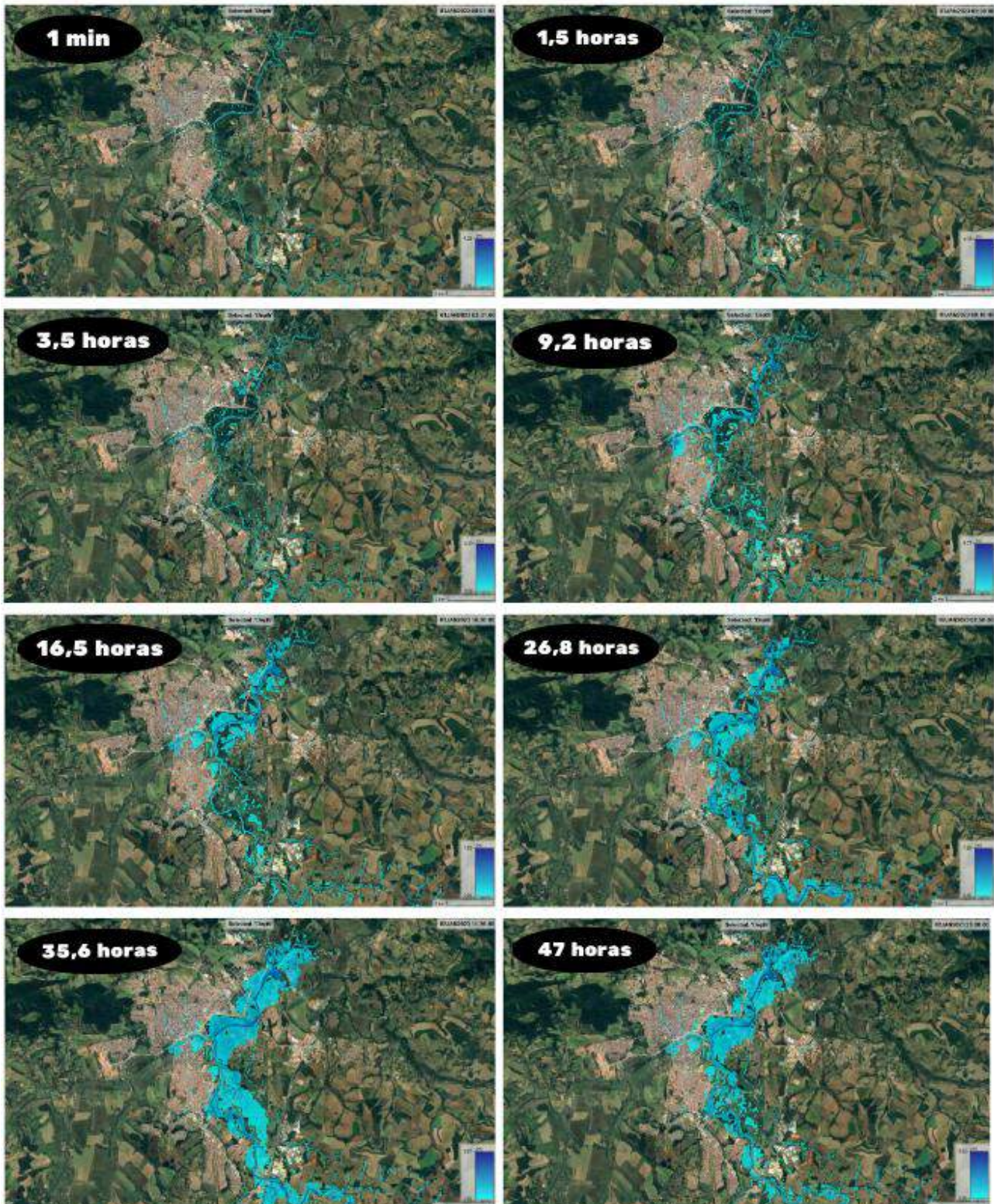


Figura 130 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50)

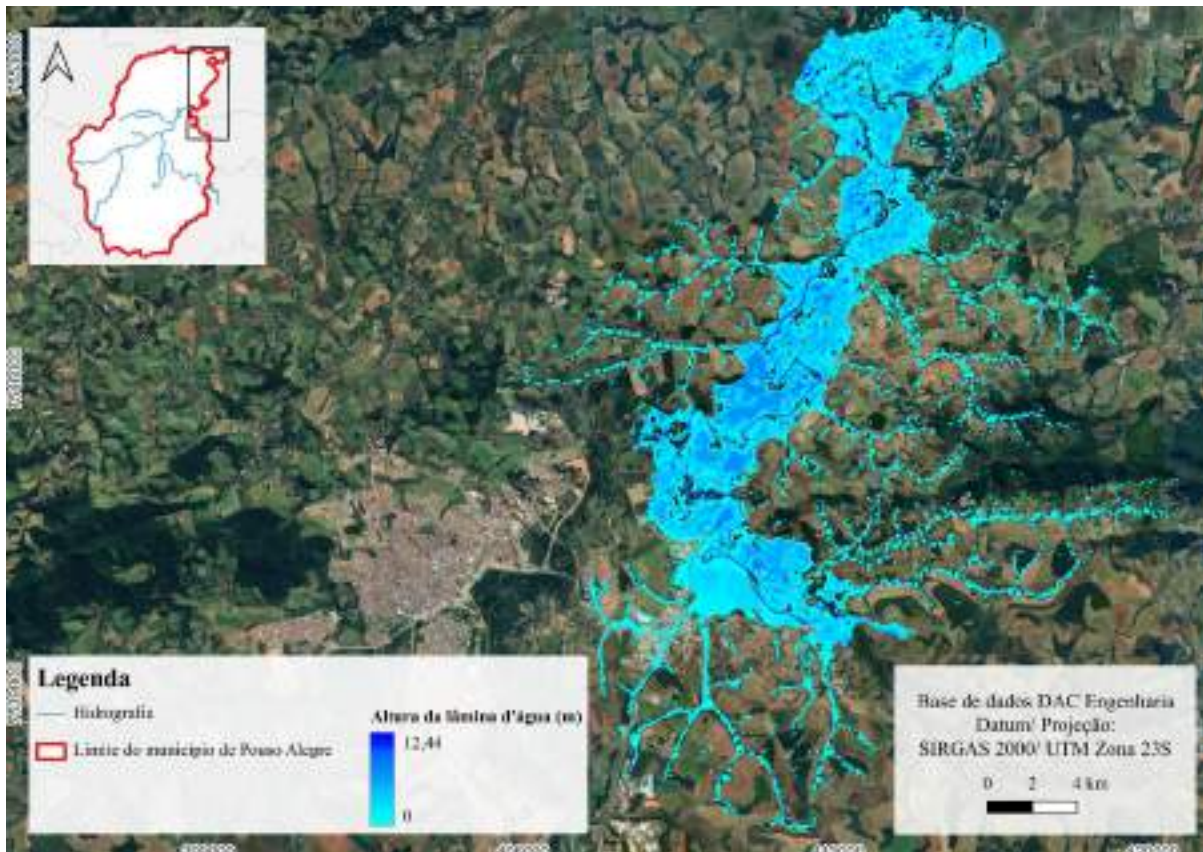


**Figura 131 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí-Mirim (TR 50) - Continuação**

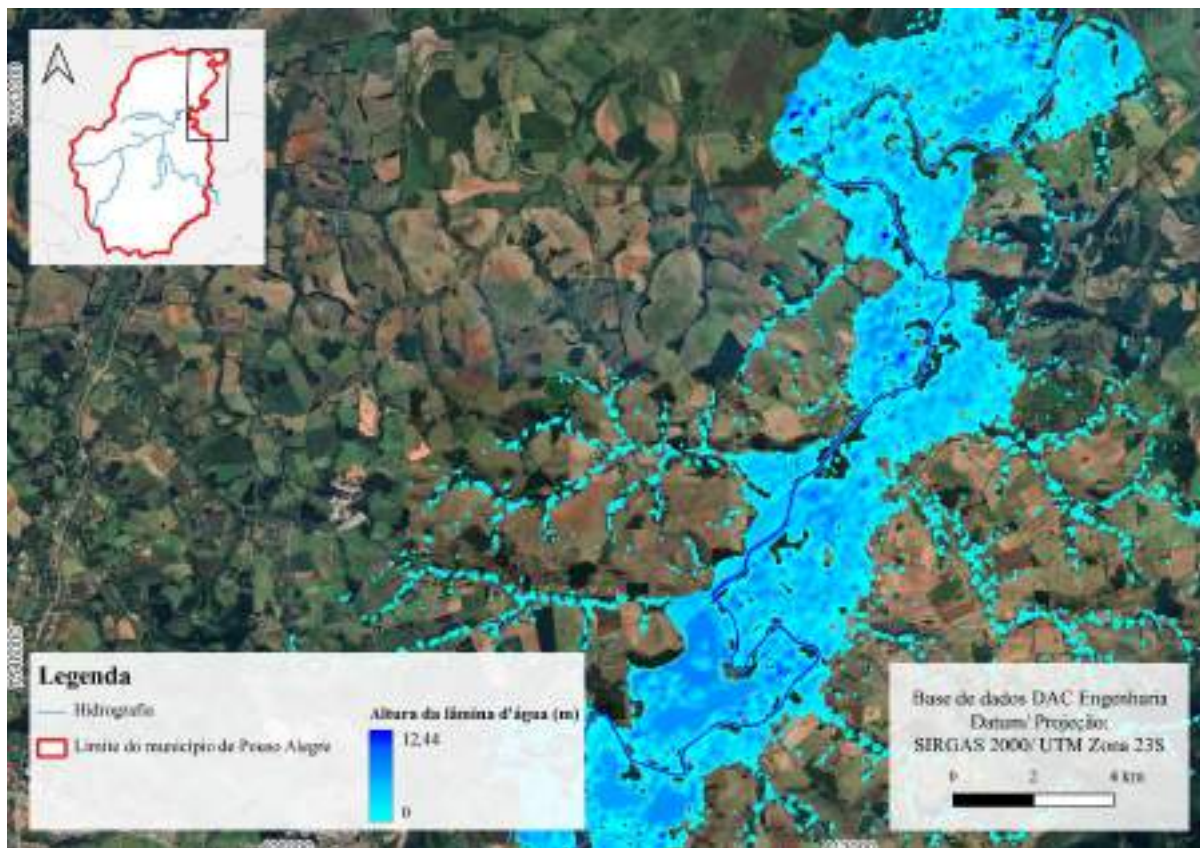
#### 1.2.4. Bacia do Rio Sapucaí

Os dados de vazão provenientes dos hidrogramas de projeto foram empregados como parâmetros essenciais na simulação das zonas inundadas ao longo do Rio Sapucaí, constituindo as entradas cruciais para as sub-bacias. Na região de análise, a base dos dados de entrada reside no volume de precipitação. Essa abordagem foi adotada com o propósito de analisar as consequências do aumento nas cheias nas regiões afetadas pelo processo de acúmulo hidráulico fluvial.

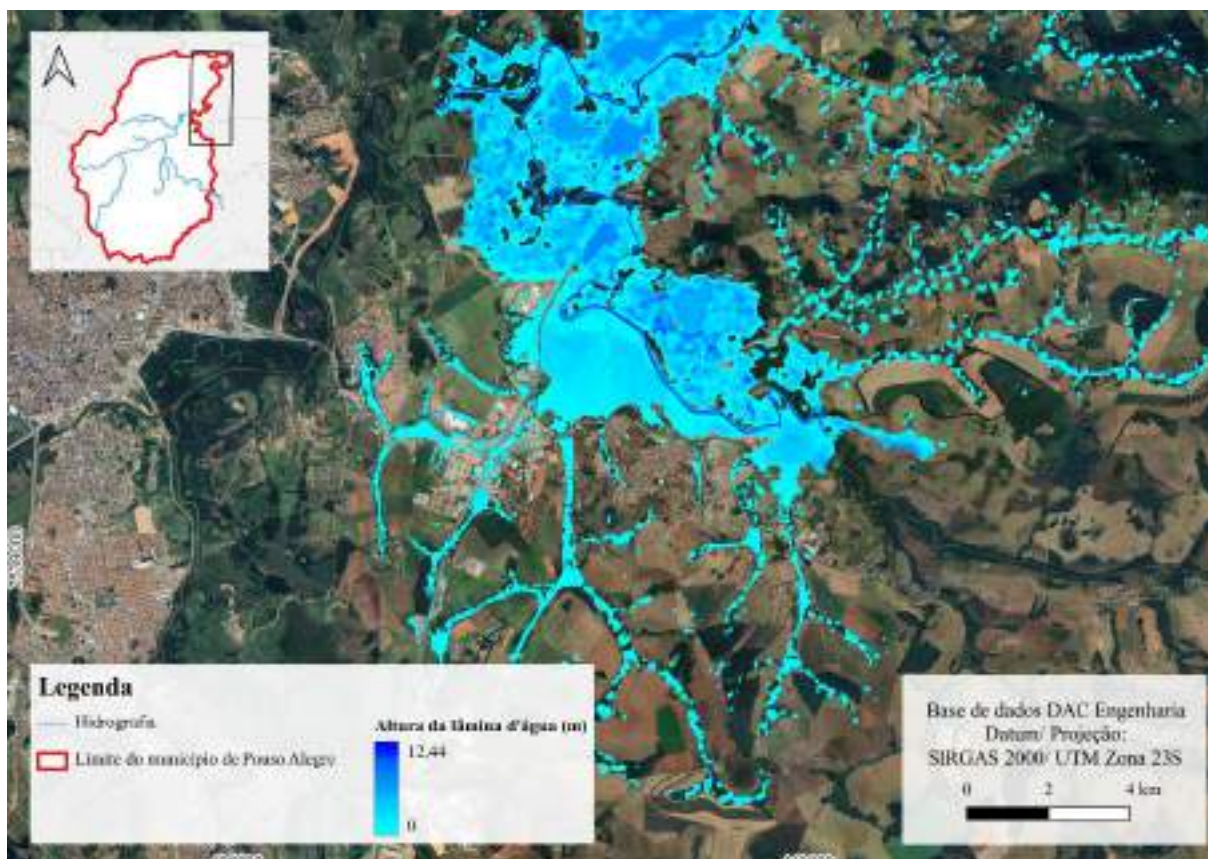
Ao longo de seu trajeto, o rio margeia o município afetando áreas mais periféricas. O impacto mais significativo da cheia se faz sentir nos bairros Solar dos Quinta e São Fernando. As Figura 132 a Figura 146 detalham as extensões das áreas inundadas para cada intervalo de tempo de retorno considerado, com destaque especial para as regiões urbanas ocupadas.



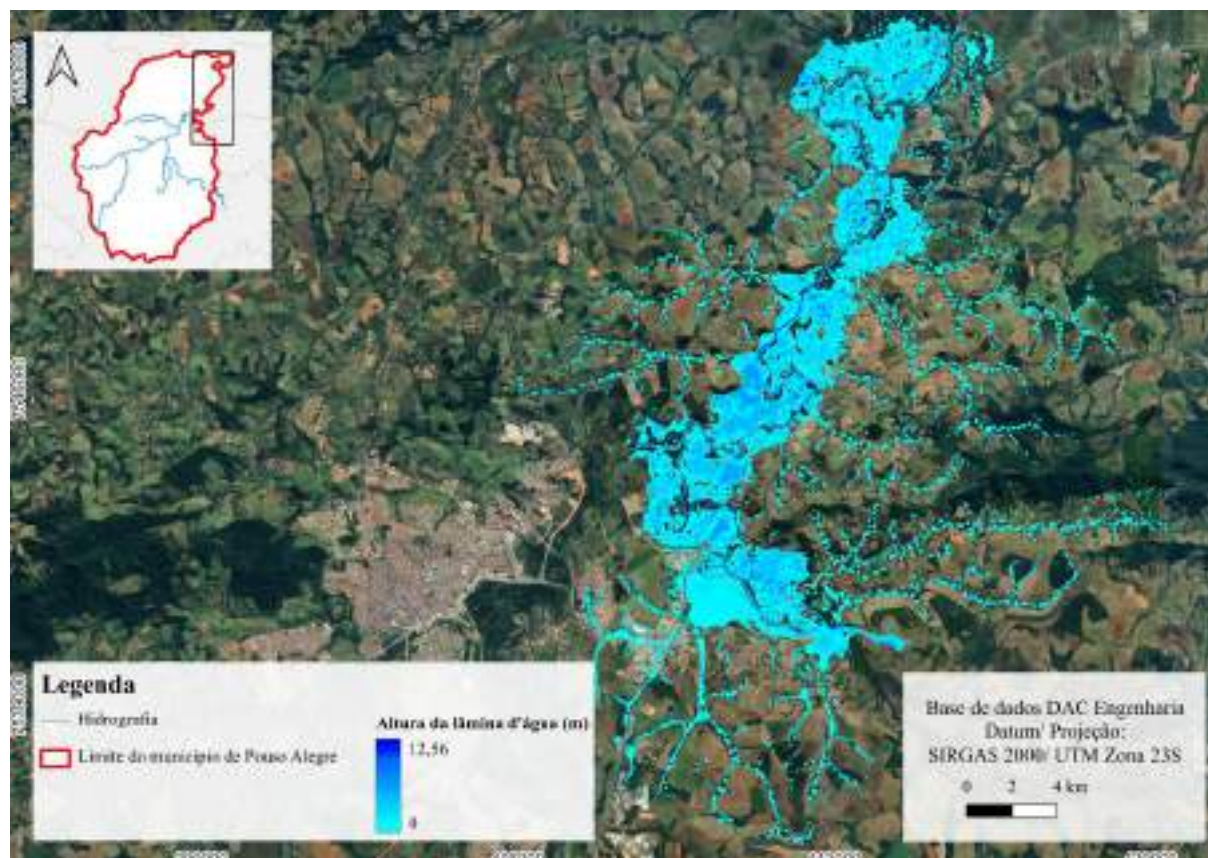
**Figura 132 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 5**



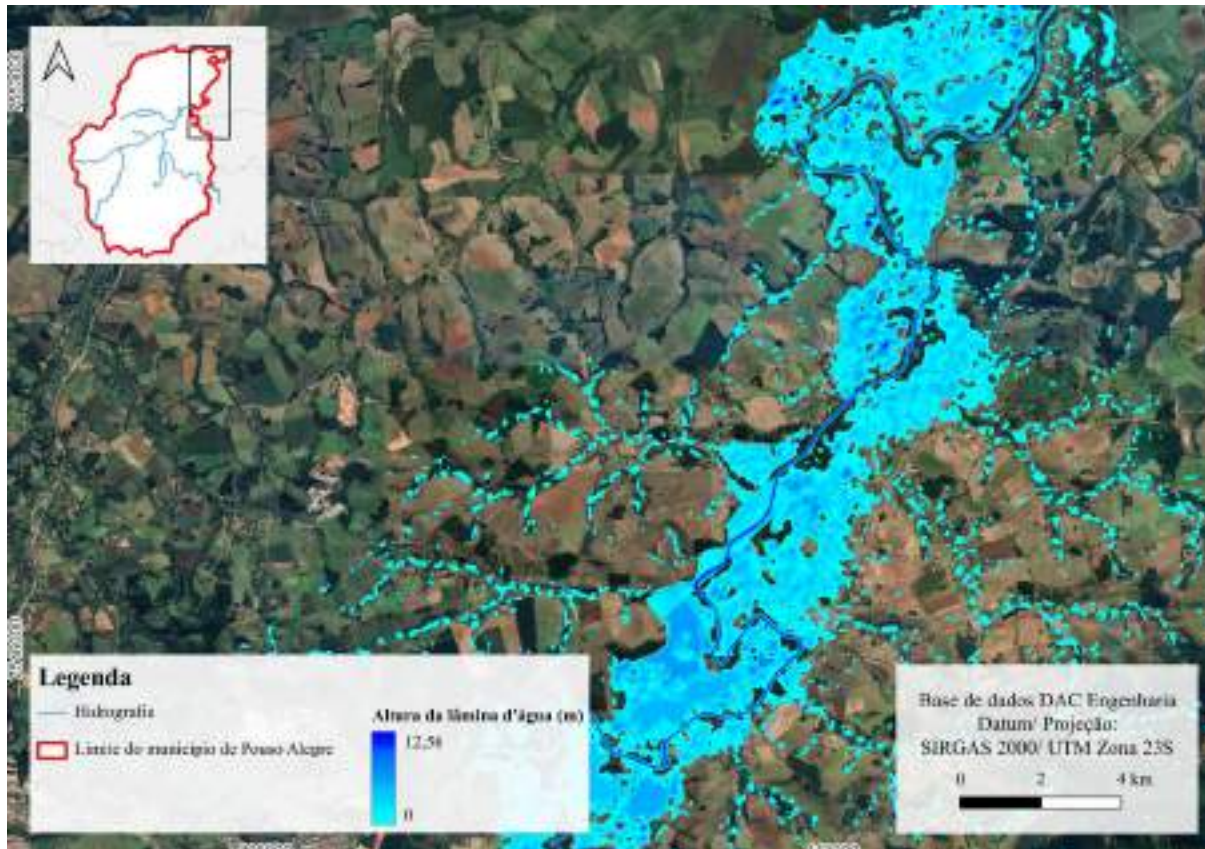
**Figura 133 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 5 (Cena 1)**



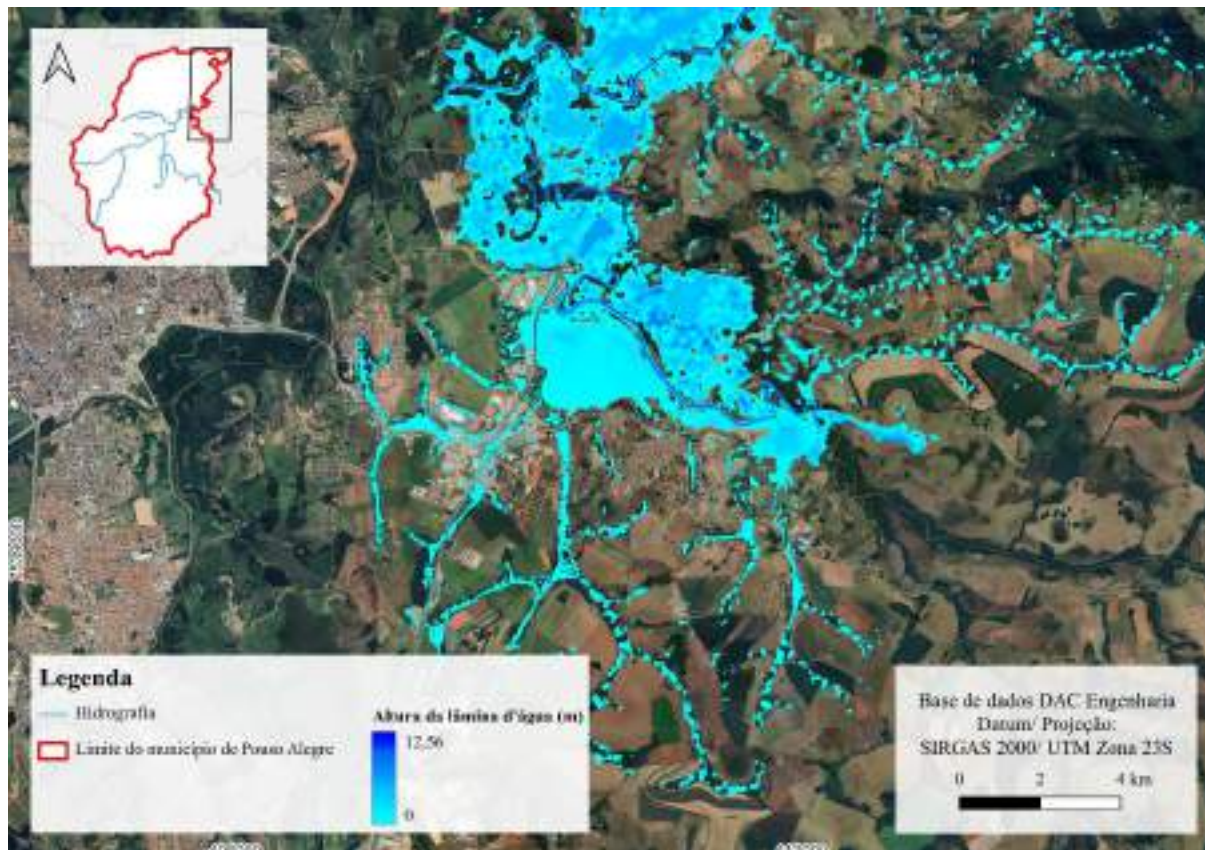
**Figura 134 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 5 (Cena 2)**



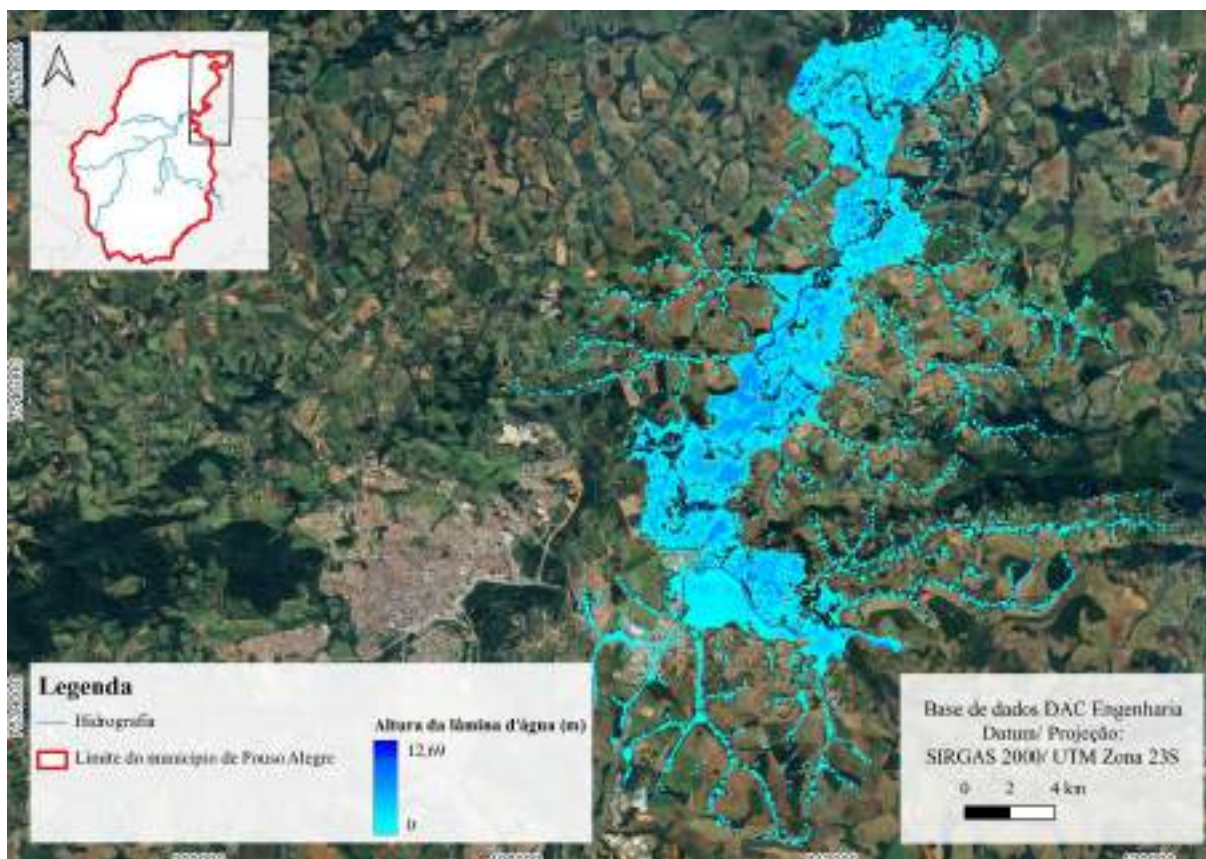
**Figura 135 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 10**



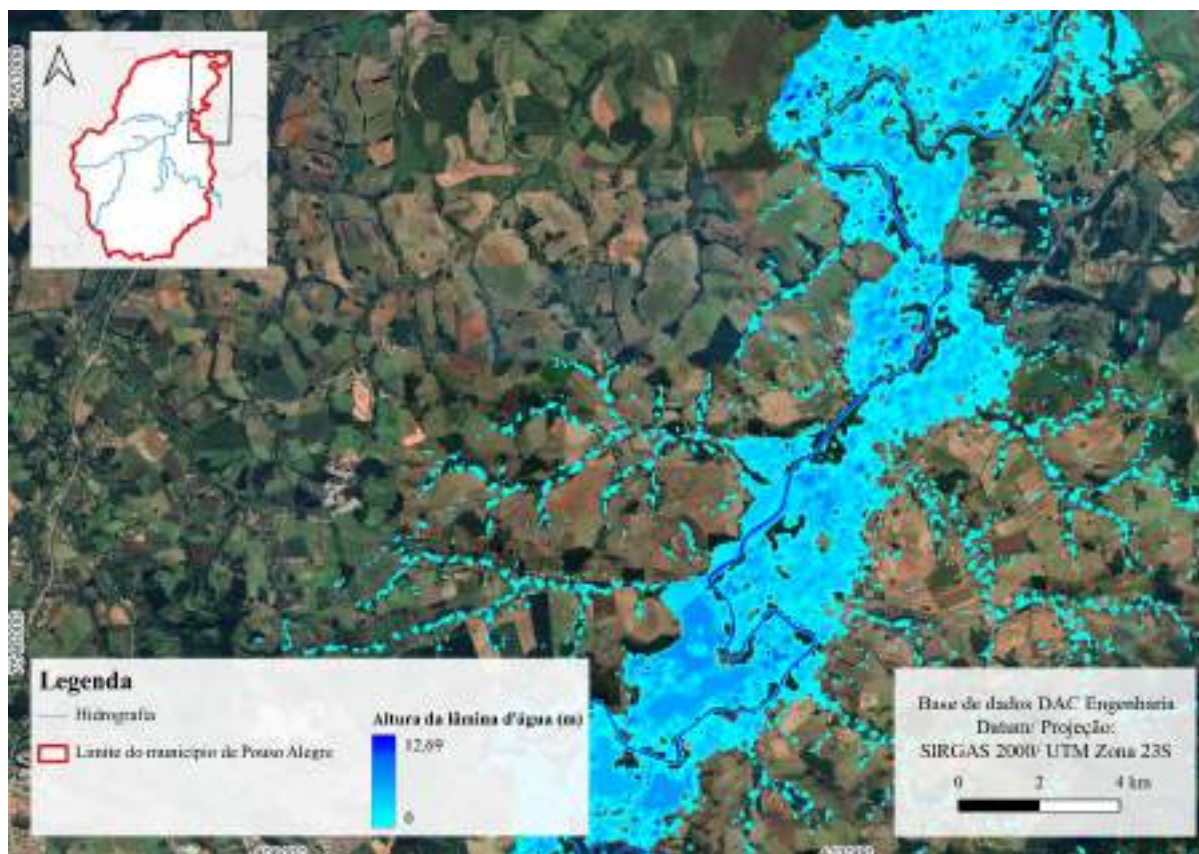
**Figura 136 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 10 (Cena 1)**



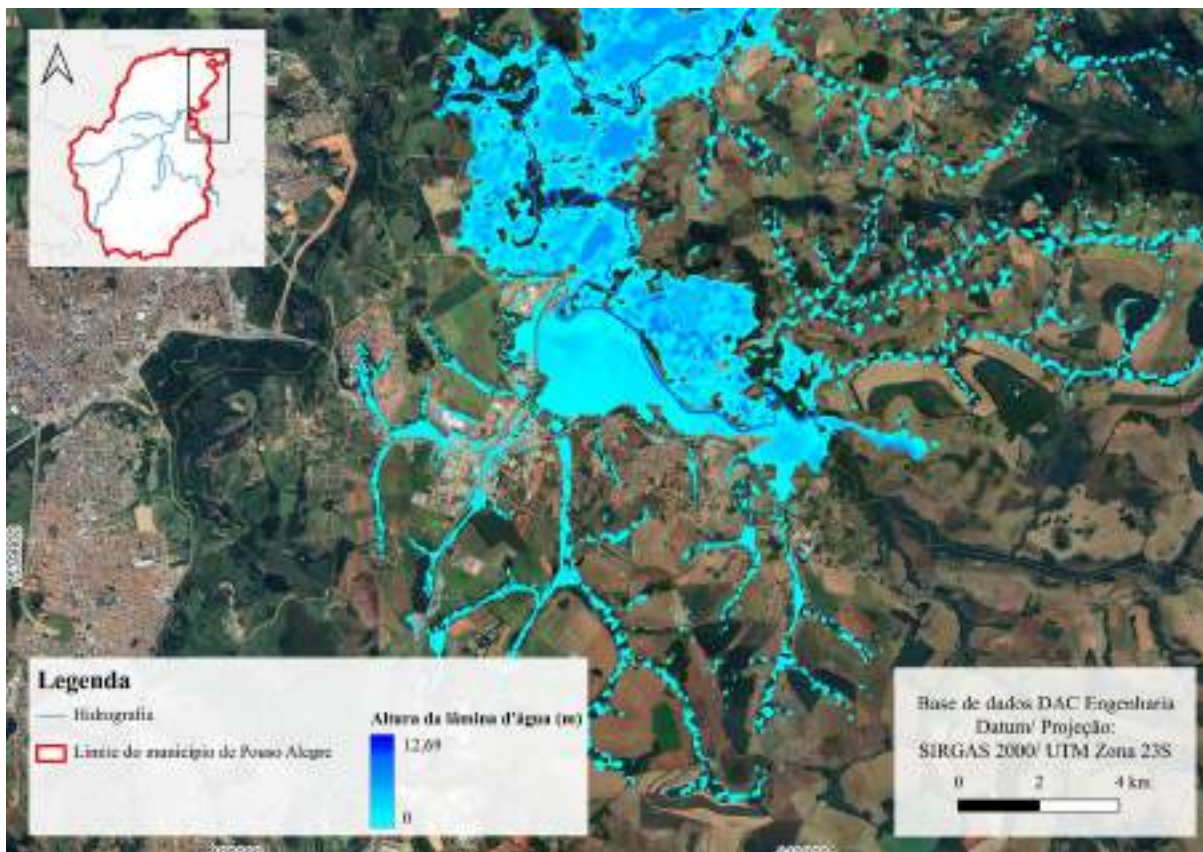
**Figura 137 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 10 (Cena 2)**



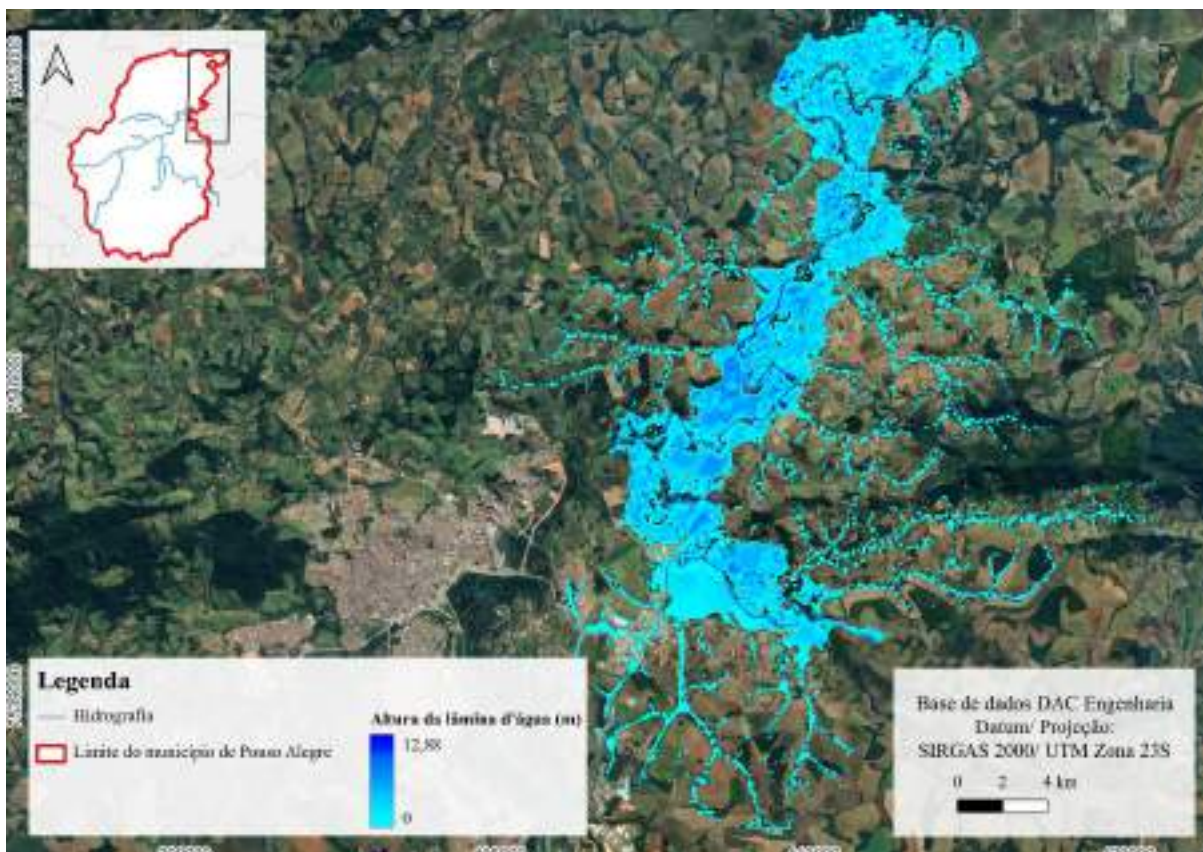
**Figura 138 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 25**



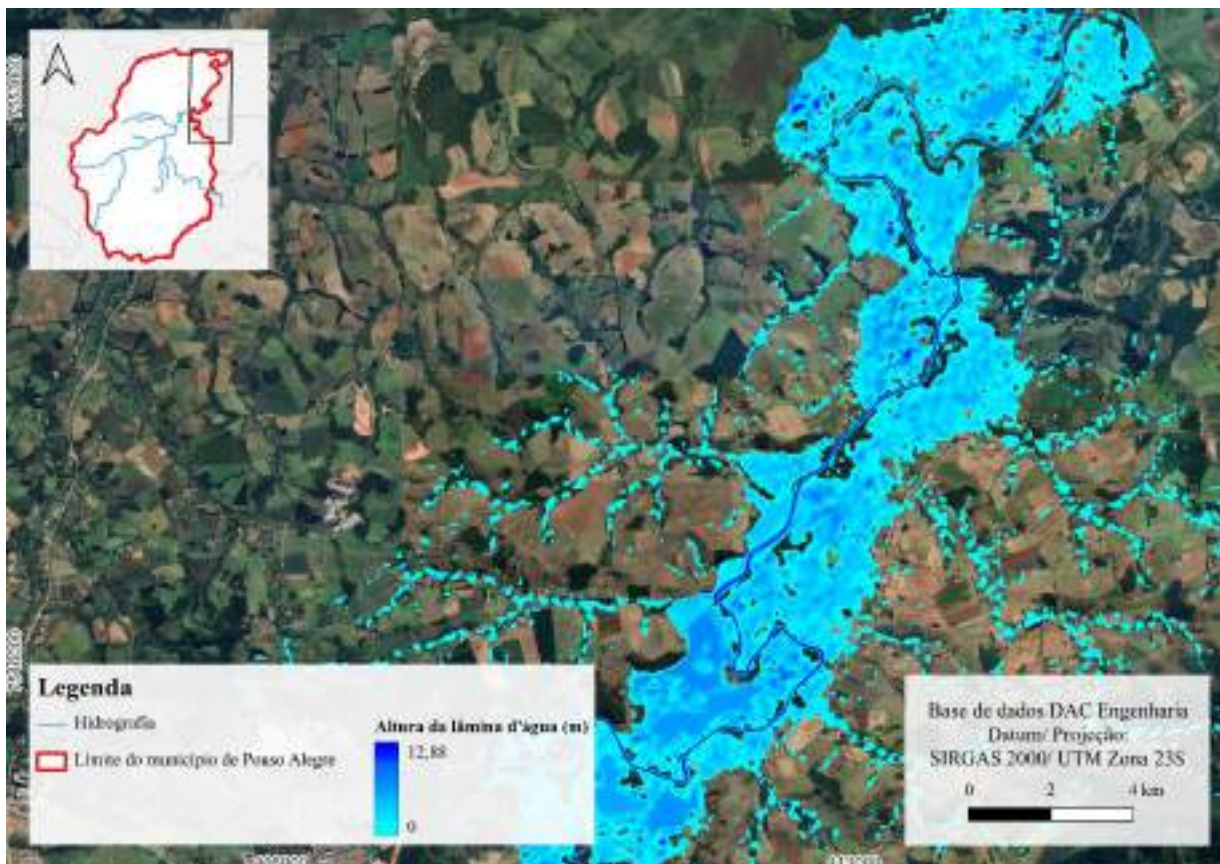
**Figura 139 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 25 (Cena 1)**



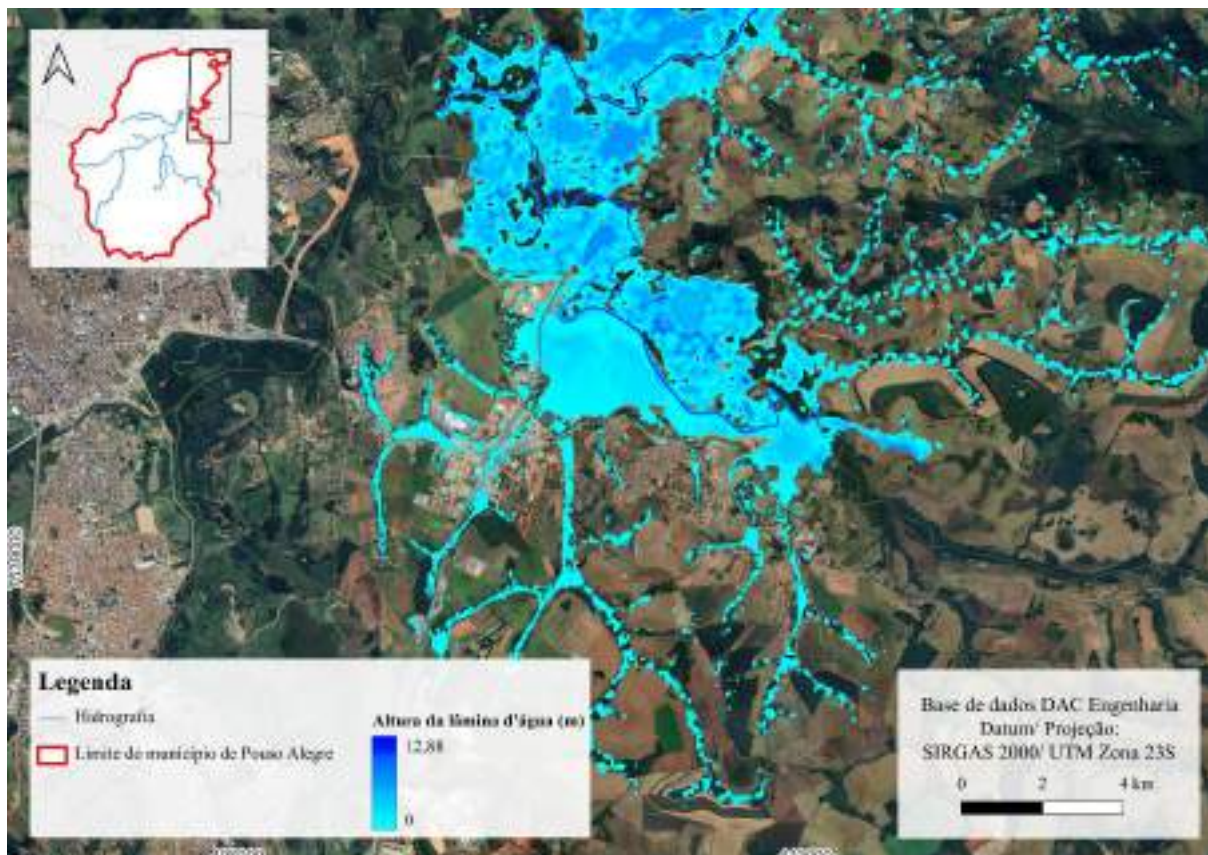
**Figura 140 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 25 (Cena 2)**



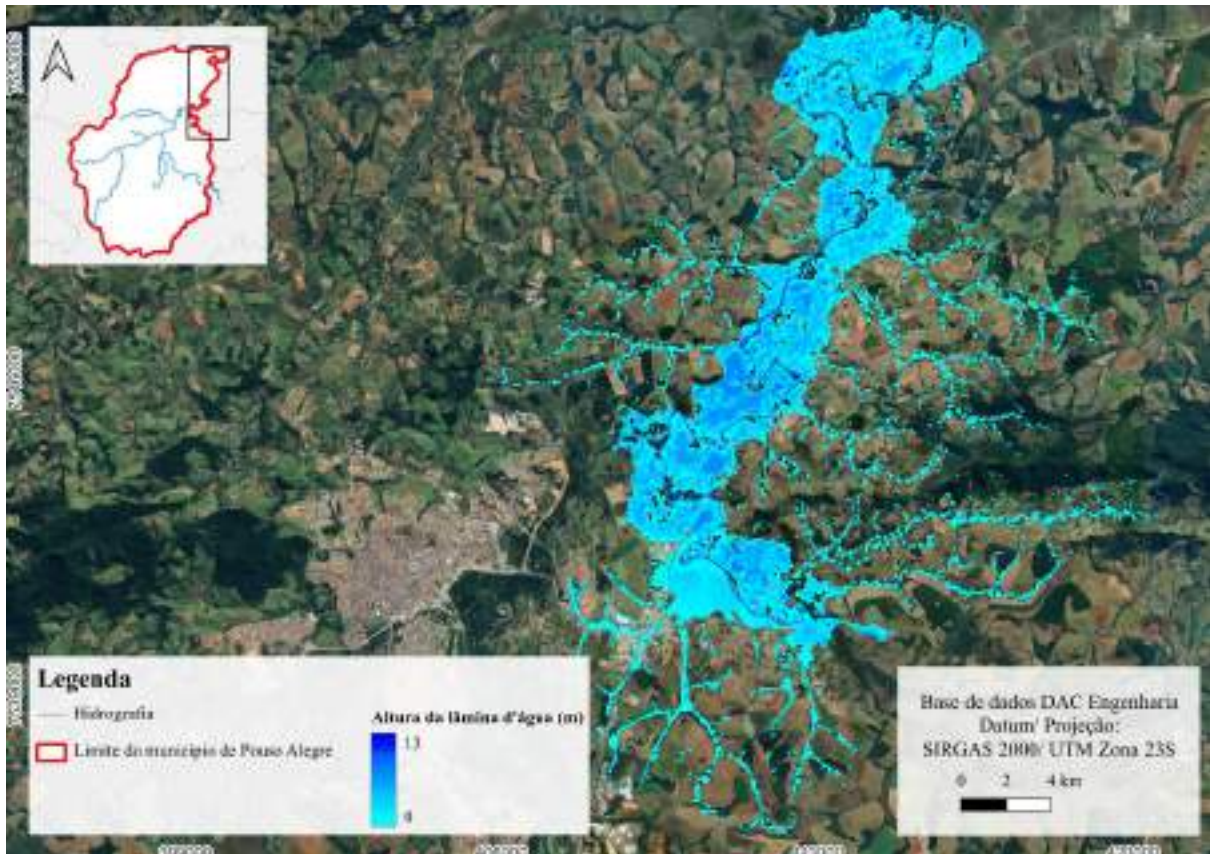
**Figura 141 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 50**



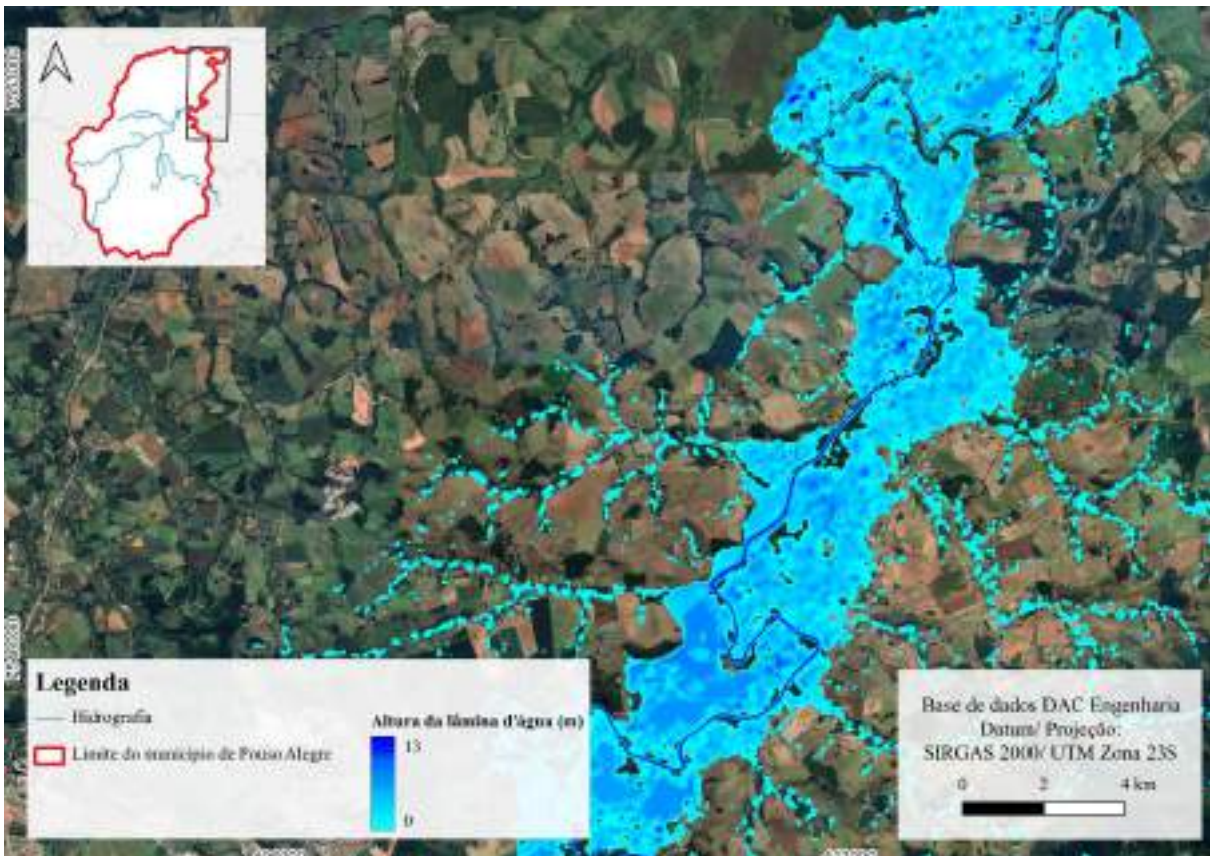
**Figura 142 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 50 (Cena 1)**



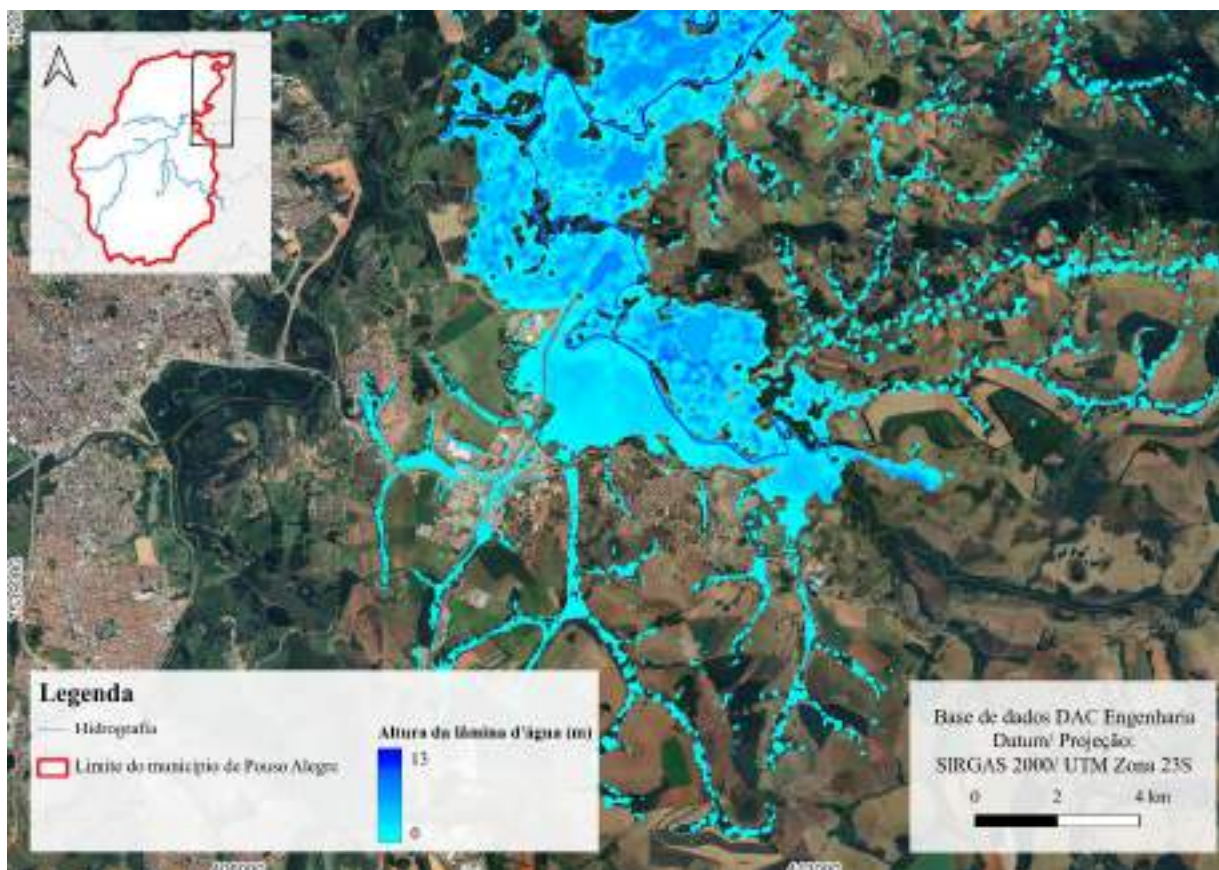
**Figura 143 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 50 (Cena 2)**



**Figura 144 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 100**



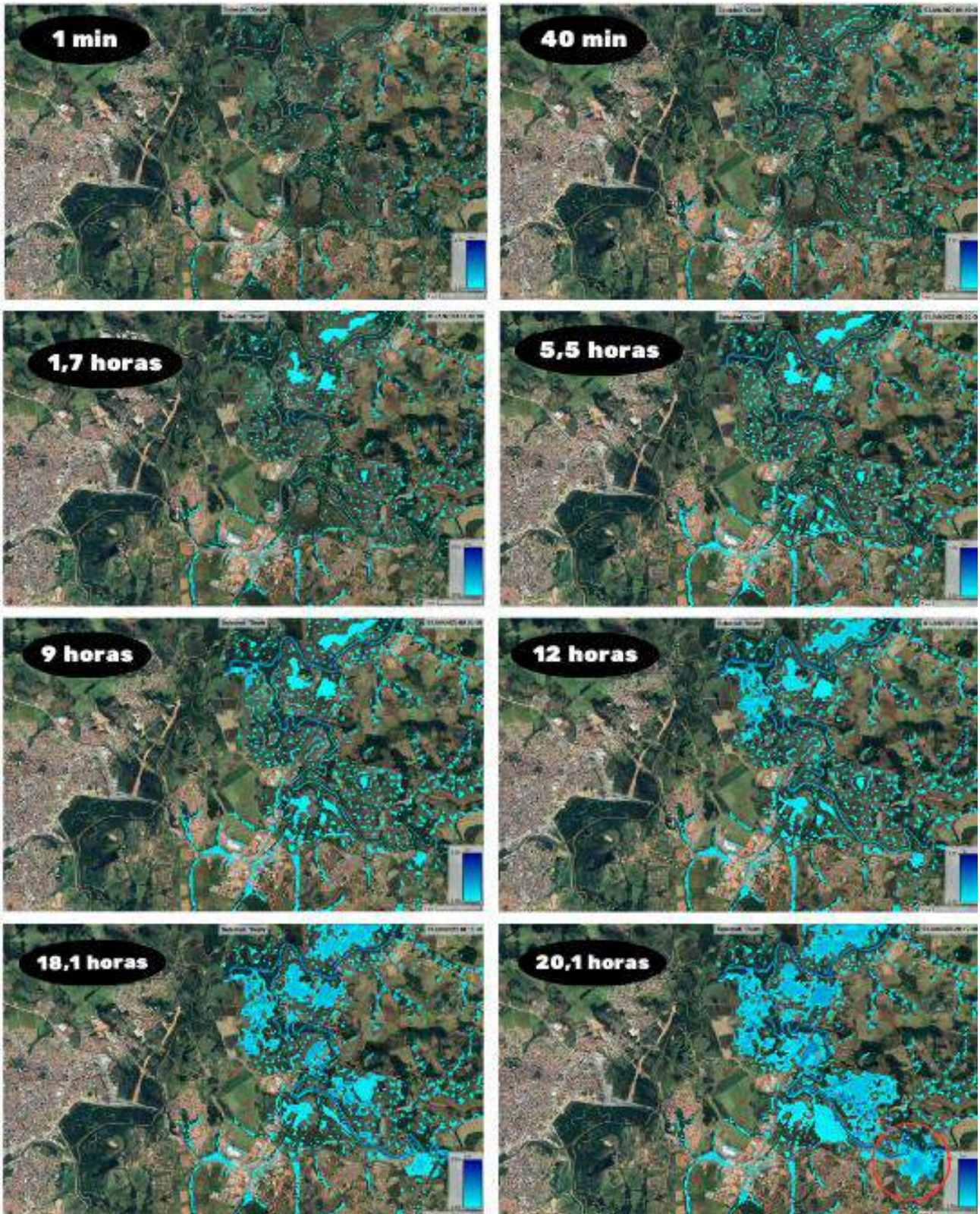
**Figura 145 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 100 (Cena 1)**



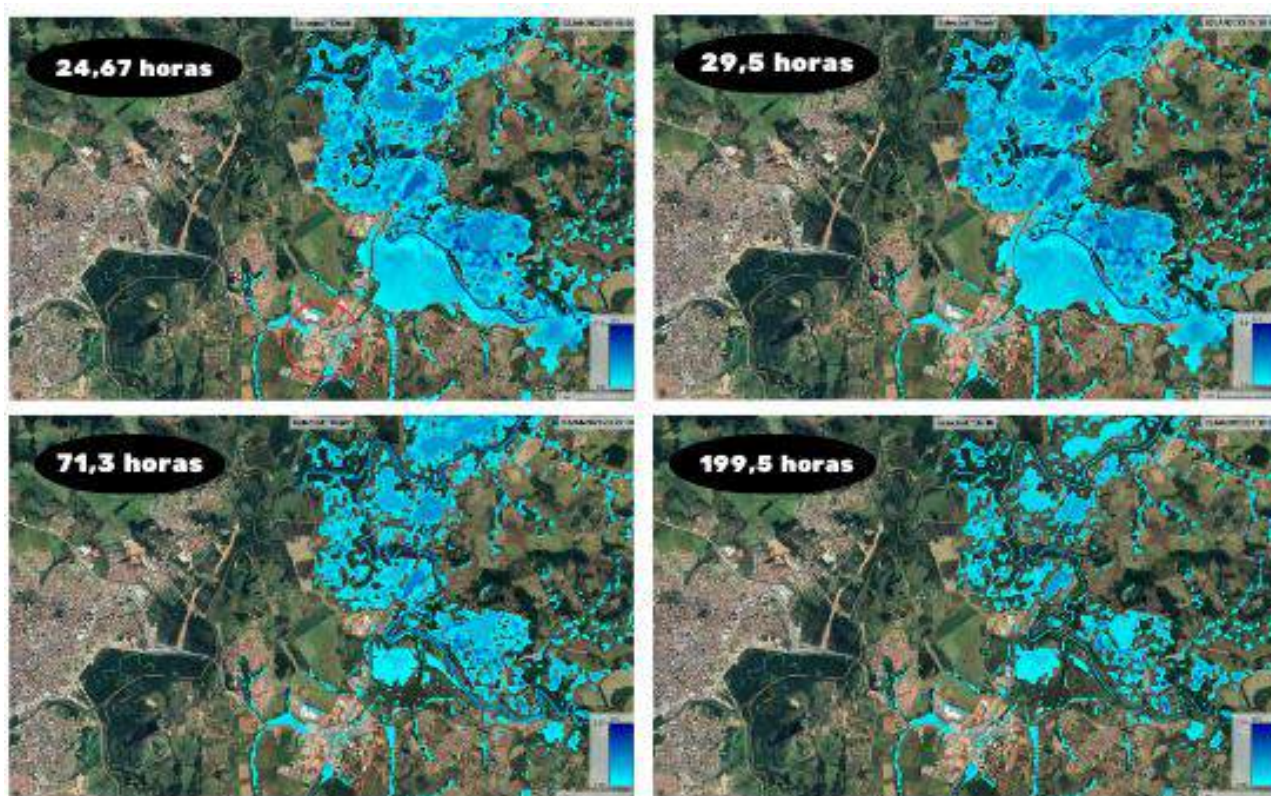
**Figura 146 - Mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí – TR 100 (Cena 2)**

O curso do Rio Sapucaí margeia o território do município pela porção nordeste. Nas Figura 132 a Figura 146 são oferecidas uma perspicácia sobre a evolução da mancha de acúmulo hidráulico para um Tempo de Retorno (TR) de 50 anos, em consonância com a metodologia aplicada nos itens anteriores. Nas quatro primeiras horas de precipitação, torna-se evidente a formação de pequenos acúmulos pluviais nas áreas dos bairros Cidade Jardim, Ipiranga e Jardim Fernandão, especialmente nas imediações do leito do rio.

A partir da representação da cheia, com uma duração de 20,1 horas, tornam-se discerníveis os pontos de inundação do rio. O ápice da cheia do rio é registrado após um período de 29,5 horas de acúmulo hidráulico, indicando que as áreas mais propensas à inundação se classificam no Bairro Residencial Solar do Quinta. Sendo válido destacar que a região do Residencial Solar do Quinta apresenta notável volume de acúmulo hidráulico.



**Figura 147 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí (TR 50)**



**Figura 148 - Evolução da mancha de acúmulo hidráulico do Rio Sapucaí (TR 50) -  
Continuação**

---

## REFERÊNCIAS

MERWADE, V. 2012. **Tutorial on using HEC - GeoRAS with ArcGIS 10.x and HEC - RAS Modeling**. West Lafayette, School of Civil Engineering, Purdue University. 38 p

FERNANDEZ, P., MOURATO, S. & MOREIRA, M. 2013. Comparação dos modelos hec-ras e lsflood-fp na delimitação de zonas inundáveis. **Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos**, 34(1): 109-120

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Manual Básico HEC-RAS 5.0.3 - Ruptura de Barragem - Apostila 3**. 2018