



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CALINE CECÍLIA OLIVEIRA LEITE

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E O REGIME DE VAZÕES DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORRENTE, BA

BARREIRAS - BA

JUNHO - 2023

CALINE CECÍLIA OLIVEIRA LEITE

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E O REGIME DE VAZÕES DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORRENTE, BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Luís Gustavo Henriques do Amaral

BARREIRAS - BA

JUNHO – 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

B277 Leite, Caline Cecília Oliveira.

Uso e ocupação do solo e o regime de vazões da bacia hidrográfica do Rio Corrente, BA. / Caline Cecília Oliveira Leite – 2023.

94f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luís Gustavo Henriques do Amaral.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil.
Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. Barreiras, BA, 2023.

1. Bacias hidrográficas. 2. Solo – uso. I. Amaral, Luís Gustavo Henriques do. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 551.483

Biblioteca Central de Barreiras - UFOB

CALINE CECÍLIA OLIVEIRA LEITE

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E O REGIME DE VAZÕES DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORRENTE, BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheira Civil.

Orientador: Dr. Luís Gustavo Henriques do Amaral

Aprovada em 28 de junho de 2023.

Banca Examinadora

Orientador: _____
D.Sc. Luís Gustavo Henriques do Amaral
Universidade Federal do Oeste da Bahia

M.Sc. Samara Fernanda da Silva
Universidade Federal do Oeste da Bahia

D.Sc. Suzy Magaly Alves Cabral de Freitas
Universidade Federal do Oeste da Bahia

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Renilde, por ter sempre me incentivado a estudar e buscar minha melhor versão. Mesmo que desde 2018 a esquizofrenia tenha tirado muito de você, tudo isso ainda é para você se orgulhar.

Ao meu pai Francisco, por ter me dado todo o apoio possível, mesmo não concordando com nenhuma das minhas escolhas. O senhor é o meu espelho de ser humano por todo seu altruísmo.

Aos meus avós Cecília e Miguel, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem quando eu não tinha ninguém.

À minha irmã Francisca e minha melhor amiga Marília. Vocês me ensinaram a ser um humano melhor. Sem vocês eu não teria forças para chegara até aqui.

Ao meu noivo Daniel. Você nunca me deixou pensar que eu era menos e sempre me apoiou nos meus objetivos mais grandiosos. Sou muito feliz por saber que vou alcançar tudo isso ao seu lado.

Ao meu orientador Luís Gustavo, que me salvou de uma graduação frustrante quando me apresentou a área da Hidrologia. Obrigada por toda a paciência e ensinamentos, mesmo com a pouca disponibilidade.

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando 24% do território. Por estar posicionado na região central do Brasil e apresentar relevo majoritariamente plano, este apresenta um importante papel na manutenção e distribuição hídrica do país. No estado da Bahia, este ocorre na região oeste onde estão localizadas as bacias hidrográficas dos rios Grande, Carinhanha e Corrente, afluentes da margem esquerda do rio São Francisco. Tais bacias se localizam sobre o domínio do Sistema Aquífero do Urucuia e Bambuí. Devido a disponibilidade hídrica, clima bem definido e relevo favorável à mecanização, desde a década de 1980 a região oeste vem acompanhando uma intensa ocupação agrícola, trazendo um alerta aos recursos hídricos disponíveis da região. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo verificar possíveis alterações nos escoamentos superficial e subterrâneo em função das alterações no uso e ocupação do solo na bacia do rio Corrente. Para isso, foram analisados os dados de precipitação e vazão no exutório da bacia no período entre outubro de 1980 a setembro de 2020 com o objetivo de obter o balanço hídrico. Foi realizada também, considerando o mesmo período, a separação dos escoamentos na estação fluviométrica de Porto Novo, código 4596000 localizada a 52 km do exutório da bacia. Ainda, foi feita a análise do avanço do uso e ocupação do solo entre os anos de 1990 e 2000. A partir desses dados foi calculada a correlação de Spearman entre as variáveis hidrológicas e de ocupação do solo. Entre outubro de 1980 e setembro de 2020, foi verificada uma diminuição de 100,86 mm na precipitação total anual média da bacia, 129,99 mm no escoamento no exutório da bacia e um aumento de 29,13 mm na evapotranspiração. O escoamento do fluxo de base, para o período de 1980-1981 e 2019-2020 correspondeu a 92% do total escoado na bacia do rio Corrente. Nas vazões, as reduções foram de 47% no escoamento de base e de 55% no escoamento superficial. A área de agricultura irrigada teve um aumento de 912% entre 1990 e 2020. Tal ocupação se deu principalmente nas porções mais oeste da bacia. Foram verificadas fortes correlações entre a redução dos escoamentos de base e aumento das áreas plantadas, no entanto não é possível atribuir a diminuição do regime de vazões às alterações no solo. Mesmo que tenha ocorrido a compactação, a capacidade de drenagem do solo ainda é elevada e está acima dos valores totais precipitados.

Palavras-Chave: Balanço hídrico, separação de escoamentos, uso e ocupação do solo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 DELIMITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	7
2.2 BALANÇO HÍDRICO	9
2.3 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES.....	11
2.4 MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTO.....	15
2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO	21
3.2 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	22
3.3 BALANÇO HÍDRICO	22
3.4 SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTOS.....	27
3.5 ANÁLISE DA PROGRESSÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	28
3.6 CORRELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO DO SOLO E VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 BALANÇO HÍDRICO	30
4.2 SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTOS.....	37
4.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	39
4.4 CORRELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO DO SOLO E VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS	43
5. CONCLUSÕES	46
6. REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE A	53
APÊNDICE B	56
APÊNDICE C	59
APÊNDICE D	79
APÊNDICE E	91

1. INTRODUÇÃO

Ocupando cerca de 24% do território nacional e com relevo majoritariamente plano, por estar presente principalmente na região do Planalto Central, o bioma Cerrado possui um importante papel no que se refere à disponibilidade e manutenção de recursos hídricos (RIBEIRO *et al.*, 2008). Esta área é responsável por abastecer três importantes aquíferos, sendo eles o Guarani, Bambuí e Urucuia, e ainda seis das oito maiores bacias hidrográficas do país, entre elas a bacia do Rio São Francisco (SILVA *et al.*, 2021).

Na Bahia, este bioma encontra-se na região oeste do estado onde estão presentes os aquíferos Bambuí e Urucuia. O Sistema Aquífero do Bambuí é composto por rochas carbonáticas e terrígenas (DE JESUS, DA SILVA & LEAL, 2018). Já o Urucuia é uma formação arenosa composta por arenitos flúvio-eólicos e neo-cretáceos. Esse apresenta uma posição de destaque por corresponder a 41% da reserva subterrânea e ainda a 30% do fluxo de base da bacia do Rio São Francisco (GONÇALVES, ENGELBRECHT & CHANG, 2018).

Essa interação ocorre por meio dos seus afluentes localizados à sua margem esquerda, sendo eles as bacias do rio Grande, do rio Carinhanha e a do rio Corrente (GONÇALVES, ENGELBRECHT & CHANG, 2018). A bacia do rio Corrente, sendo a segunda maior entre as três, apresenta importante contribuição à bacia do Rio São Francisco. Engelbrecht e Chang (2015), em uma simulação do fluxo de águas subterrâneas do aquífero do Urucuia, verificaram que essa contribuição da área do rio Corrente corresponde a 17% da vazão de permanência Q_{95} do Rio São Francisco.

Nessa região ocorrem duas estações bem definidas: um período de seca que vai de abril a setembro e um período chuvoso entre outubro e março com precipitações médias anuais variando entre 500 e 1200mm. A disponibilidade de recursos hídricos, junto com as características favoráveis de clima e topografia chamaram a atenção do agronegócio que, desde a década de 1980, vem se expandindo fortemente com destaque para os cultivos de soja, milho e algodão (SILVA *et al.*, 2021).

Segundo a ANA (2020), a agricultura, isoladamente, é responsável pelo consumo de 76,56% de toda a água retirada da bacia do rio São Francisco. Além da preocupação ambiental, existe também a questão social. A bacia do rio Corrente já foi palco de conflitos por água. A redução expressiva da vazão do rio Corrente no período de estiagem devido a irrigação de grandes culturas culminou, em novembro de 2017, no evento que ficou

conhecido como a “Guerra das águas de Correntina” mobilizado por pequenos agricultores situados a jusante de monoculturas no município de Correntina (SILVA *et al.*, 2021).

A diminuição das vazões dos rios é uma tendência na região. Enquanto algumas pesquisas no oeste da Bahia apontam que tais reduções estejam associadas à redução da precipitação por conta das alterações climáticas e ao sistema de irrigação (POUSA *et al.*, 2019), trabalhos realizados na mesma região relacionam essas variações com a redução da infiltração da água devido às mudanças no uso e ocupação do solo em áreas onde há irrigação intensa (DIONIZIO & COSTA, 2019).

A recarga das águas subterrâneas nessa zona se mantém pela precipitação do período chuvoso. Devido à topografia plana, o comportamento altamente drenante do solo faz com que a água precipitada se acumule em seu interior. A alteração no uso e ocupação do solo influencia em suas características, pois a substituição de plantas nativas do Cerrado, que apresentam raízes profundas, por plantações de raízes rasas, como é o caso de diversas culturas agrícolas, gera redução na capacidade de infiltração de água do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Pela intensificação das atividades agrícolas na região, além da alta demanda gerada para atender a irrigação, a alteração significativa no uso e ocupação do solo pode representar uma ameaça à disponibilidade dos recursos hídricos, tendo em vista que isso afeta o processo de infiltração de água e consequentemente a recarga do aquífero, componente essencial para a perenidade dos rios durante o período de estiagem, que se estende por cerca de seis meses, anualmente.

Considerando tais fatores, o presente trabalho tem o objetivo geral de verificar possíveis alterações nos escoamentos superficial e subterrâneo em função das alterações no uso e ocupação do solo na bacia do rio Corrente. Como objetivos específicos, pretende-se analisar a variação dos dados de vazão do rio principal com a precipitação sobre a bacia desde 1980 até 2020, e apresentar a progressão do uso e ocupação do solo devido às atividades antrópicas no período de 1990 a 2020.

2. REVISÃO DE LITERATURA

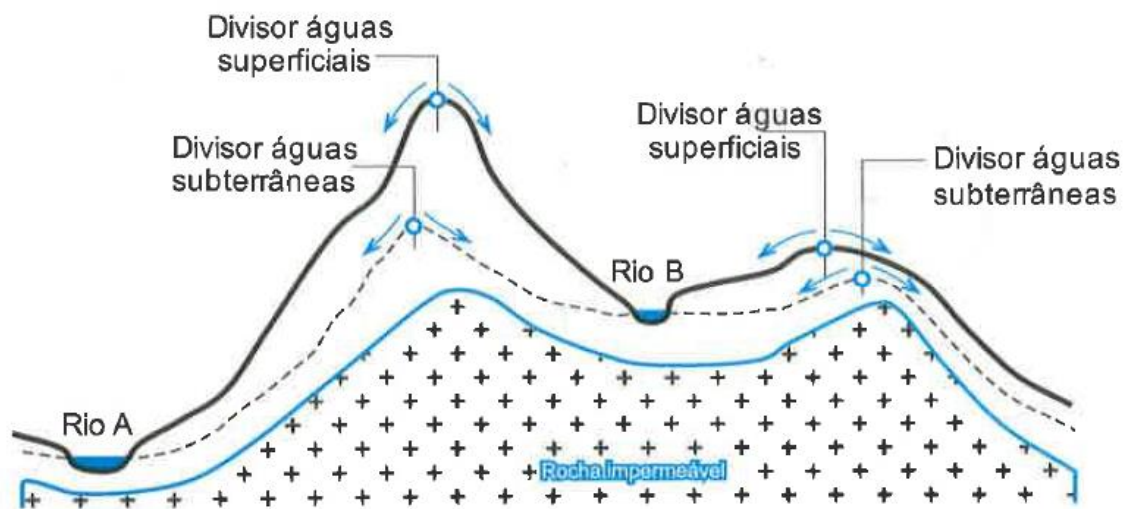
2.1 DELIMITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A bacia hidrográfica é o local onde ocorre o fluxo de água no meio terrestre, sendo assim, ela é apontada como o elemento principal de estudo do ciclo hidrológico nessa etapa.

Tal fluxo inicia-se com a captação da água precipitada sob a área da bacia que infiltra no solo até que o estado de saturação deste seja atingido. Em seguida, inicia-se o processo de escoamento superficial que se dá por meio de um sistema ramificado de canais denominado rede de drenagem, que fazem com que a água verta para o ponto único de saída da bacia, o exutório (SILVEIRA, 2000).

Para realizar essa delimitação é fundamental estabelecer as condições de relevo do local, pois é a partir da topografia que se faz possível definir o divisor de águas. O divisor de águas determina a direção do fluxo da água precipitada em sentidos divergentes e ocorre de forma superficial e subterrânea e, como é exemplificado na Figura 1, em alguns casos seus traçados podem não coincidir (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

Figura 1 – Exemplo de divisor de águas superficiais e subterrâneas.



Fonte: Collischonn & Dornelles (2013).

Os divisores de água subterrâneos dependem da composição das rochas do subsolo, já os divisores superficiais são definidos pela topografia. Para que o divisor superficial seja traçado, é necessário definir um exutório no canal principal da região de interesse e, a partir dele, estabelecer a primeira seção do divisor. As demais seções serão estabelecidas com base nas curvas de nível, as quais permitem localizar os pontos mais altos do terreno (JÚNIOR & BARBASSA, 2012).

Imagens com elevação digital do terreno e ferramentas SIG são o principal meio para delimitação de bacias hidrográficas. Em seu trabalho sobre regionalização de vazões, Chaves *et al.* (2002) utilizou o *software* Arc-View 3.1 para geração da bacia do Itapicuru e sua rede de drenagem. Para a delimitação da bacia do Córrego Guariroba com imagens

SRTM, Alves Sobrinho *et al.* (2010) utilizaram o ENVI 4.3. Ainda, realizando a análise da contribuição do Urucuia para o Rio São Francisco, Gonçalves, Engelbrecht e Chang (2018) utilizaram o ArcGIS 10.0 na delimitação das áreas de drenagem de interesse.

2.2 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico é o resultado das entradas e saídas de água de uma bacia hidrográfica, onde a entrada se dá principalmente pela precipitação e as saídas por evapotranspiração e escoamento. Considerando um longo período de tempo, a equação que descreve este balanço é dada por (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013):

$$P = EVT + Q \quad (1)$$

em que:

$$\begin{aligned} P &= \text{precipitação, em mm.ano}^{-1}; \\ EVT &= \text{evapotranspiração, em mm.ano}^{-1}; \text{ e} \\ Q &= \text{escoamento, em mm.ano}^{-1}. \end{aligned}$$

A precipitação é a deposição da água presente no vapor atmosférico sob a superfície terrestre, podendo ocorrer de diversas formas: chuva, granizo, orvalho, neve. A mais comum acontece por meio de chuvas. Essas são mensuradas considerando a altura de água sobre uma superfície plana e impermeável, que pode ser obtida utilizando dispositivos como pluviômetros ou pluviógrafos (HOLTZ, 2016). A unidade de medida amplamente adotada é o mm, na qual uma lâmina de água de 1 mm representa 1 litro de água por 1 metro quadrado de superfície (BERTONI & TUCCI, 2000).

O estudo da mensuração das chuvas é denominado pluviometria e, além do parâmetro da altura pluviométrica (precipitação), esta caracterização pode ser feita também por outros parâmetros, como a duração, intensidade e frequência de probabilidade. A duração é apresentada em horas ou minutos, a intensidade é a precipitação por unidade de tempo, já a frequência de probabilidade é um parâmetro necessário pela característica aleatória do fenômeno, fazendo que uma determinada precipitação tenha um período de retorno por meio do qual se estima a quantidade de anos em que aquele evento pode ser igualado ou superado (BERTONI & TUCCI, 2000).

O ano hidrológico é a representação mais comum para a compreensão da distribuição mensal das chuvas de um determinado local. Graficamente são apresentadas as precipitações em relação aos meses do ano. Este pode não coincidir com o ano civil, pois o primeiro mês corresponde ao início da estação chuvosa e o último mês, o final da estação seca. As Regiões do Brasil apresentam anos hidrológicos distintos devido a variação da sazonalidade das diferentes localidades do território (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

O processo de evaporação é uma das formas de saída do sistema e consiste na conversão da água presente na superfície terrestre em vapor, que segue para a atmosfera. Esse processo é possível pela inserção de energia no meio, sendo a principal fonte a luz solar. A evapotranspiração também é a perda de água para a atmosfera, mas inclui a contribuição da transpiração das plantas. Faz-se importante a mensuração confiável desses dados quando se consideram atividades como a agricultura, pois com isso será verificada a necessidade de realizar um planejamento de infraestrutura para garantir a irrigação, como por exemplo a construção de reservatórios (TUCCI & BELTRAME, 2000).

Outra forma de saída de água da bacia é via escoamento. Durante um evento de precipitação, a água infiltra-se no solo. Caso o volume de chuva seja maior que a capacidade de infiltração do solo, o excedente irá escoar superficialmente por caminhos preferenciais. Os rios são os canais preferenciais por onde percorre grande parte do volume escoado superficialmente e quando se tem ocorrência de chuvas intensas, este volume é denominado escoamento superficial direto. A água infiltrada também é escoada, mas de forma subterrânea. Nos períodos de estiagem este fluxo de água é importante para a manutenção da vazão dos rios (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

A vazão é o volume de água que passa por uma seção em um determinado tempo. Para rios é comum que esta seja expressa em metros cúbicos por segundo, e sua medição é feita em estações fluviométricas instaladas em determinadas seções dos canais naturais (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013). Os dados provenientes de estações de medição de chuvas e de vazões comumente apresentam falhas e/ou lacunas que devem ser analisadas e corrigidas antes de os dados serem utilizados. Para que seja possível prever o comportamento do ciclo hidrológico de bacias hidrográficas, é necessário que haja uma série ininterrupta desses dados ao longo dos anos (BERTONI & TUCCI, 2000).

Ao identificar e corrigir as falhas, métodos estatísticos são aplicados para realizar o preenchimento dos dados, como é o caso do método da regressão linear, em que se utilizam dados de uma estação vizinha para ocupar as lacunas, por meio de correlações. Neste método, são plotados em um gráfico todos os valores das duas estações em questão. Por

esses pontos é traçada uma reta e a partir da sua equação é possível obter os valores ausentes. Com a reta é possível verificar o grau de correlação entre as duas estações pelo valor do coeficiente de determinação (R^2) e quanto mais esse valor se aproximar de 1, melhor a estação selecionada se adequa para realizar o preenchimento (BERTONI & TUCCI, 2000).

Tendo em vista que os dados de chuvas podem ser influenciados por alterações no local de coleta, a análise de consistência desses dados é um meio de verificar sua confiabilidade. O método da Dupla-Massa é o mais aplicado para verificar tendências nas alterações do comportamento da chuva ao longo do tempo ou no local observado. Este consiste na plotagem de um gráfico da quantidade precipitada acumulada no posto de análise contra a quantidade acumulada em outro posto confiável ou de vários postos da região. O resultado deve ser uma reta. Variações na inclinação dessa reta ao longo do tempo indicam alterações na tendência da precipitação daquele local (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

Silva *et al.* (2021) realizou o balanço hídrico na bacia do Rio Pratudão, afluente do rio Corrente. Nesta análise, verificaram que há uma tendência de que a cada 10 anos ocorra uma redução de 18% nas vazões. O estudo mostrou ainda que, apesar da variação no regime de precipitação devido às mudanças climáticas, esta não foi suficiente para justificar a tendência de redução nas vazões. A alteração no uso e ocupação do solo foi apontada como principal fator do desequilíbrio hídrico.

2.3 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

Na Hidrologia é comum a ausência de dados hidrológicos, seja pela falta de estações de medição em alguns locais ou pelo curto período em que o dado está sendo medido. Para suprir a necessidade de se analisar áreas com ausência de dados existe a regionalização de vazões, que consiste no tratamento estatístico de informações de áreas com características semelhantes à que se pretende estudar, a fim de se estimar o comportamento do local (TUCCI, 2000).

Não é usual que os métodos de regionalização sejam aplicados em regiões que apresentem dados hidrológicos. Recomenda-se a aplicação de tais metodologias em situações em que se tenham dados pontuais e se deseja determinar uma variável, como a vazão mínima, por exemplo; quando se obtêm uma função hidrológica a partir de uma região com dados hidrológicos e quando determinam-se parâmetros de modelos matemáticos relacionando as características físicas da bacia. Existem diversos modelos de regionalização,

isto pois por conta das características do ciclo hidrológico e também da heterogeneidade das bacias, a aplicação de determinados métodos pode apresentar limitações (DE AMORIM, NETTO & MARIO, 2005).

O método tradicional estabelecido pela Eletrobrás (1985a) consiste em identificar as regiões com características hidrológicas homogêneas e a partir disso, realizar ajuste de equações de regressão para cada uma das variáveis que se deseja regionalizar. Neste método, entre as características físicas, a que melhor se aproxima para descrever o comportamento real das vazões é a área de drenagem. A variável climática de maior aplicação é a precipitação, sendo que para estimar vazões mínimas usualmente utilizam-se dados do total anual precipitado, ou o total do semestre ou trimestre mais secos (DE AMORIM, NETTO & MARIO, 2005).

Outro método apresentado pela Eletrobrás (1985b) é o da interpolação linear, por meio do qual é possível obter vazões de uma determinada seção com base em estações próximas com uma relação de proporcionalidade. Este método é recomendado para uma região que tenha uma área de drenagem até três vezes menor que a outra. A aplicação desse método é feita considerando diferentes condições. Quando a seção está a jusante ou a montante de uma estação de vazão conhecida, aplica-se a equação (2). Para uma seção que se encontra entre duas estações, aplica-se a equação (3).

$$Q_z = \frac{Q_{m,j}}{A_{m,j}} A_z \quad (2)$$

$$Q_z = Q_m + \left(\frac{A_z - A_m}{A_j - A_m} \right) (Q_j - Q_m) \quad (3)$$

em que:

- Q_z = vazão de interesse, em m³/s;
- $Q_{m,j}$ = vazão no posto de montante ou de jusante, em m³/s;
- Q_m = vazão no posto de montante, em m³/s;
- Q_j = vazão no posto de jusante, em m³/s;
- A_z = área de drenagem na região de interesse, em km²;

$$\begin{aligned}
A_{m,j} &= \text{área de drenagem do posto de montante ou jusante, em km}^2; \\
A_m &= \text{área de drenagem do posto de montante, em km}^2; \text{ e} \\
A_j &= \text{área de drenagem do posto de jusante, em km}^2.
\end{aligned}$$

Com ampla aplicação, a metodologia de regionalização proposta por Chaves *et al.* (2002) é dividida em quatro casos. O primeiro deles apresenta a situação na qual o ponto de interesse se situa a montante de uma estação com dados de vazão. Nesse sentido, semelhante ao método da Eletrobrás (1985b), a vazão a ser encontrada é dada por uma relação entre a vazão existente e a razão entre a área de drenagem de cada uma das seções, calculado também pela equação (2).

No segundo caso, quando o ponto de interesse se localiza entre duas estações conhecidas, a equação que determina a vazão baseia-se no método da razão das distâncias inversas o que evita possíveis descontinuidades na obtenção do parâmetro. Sendo assim,

$$Q_z = A_z \left[\frac{\rho_x Q_x}{A_x} + \frac{\rho_y Q_y}{A_y} \right] \quad (4)$$

sendo que:

$$\rho_x = \frac{d_y}{(d_x + d_y)} \quad (5)$$

$$\rho_y = \frac{d_x}{(d_x + d_y)} \quad (6)$$

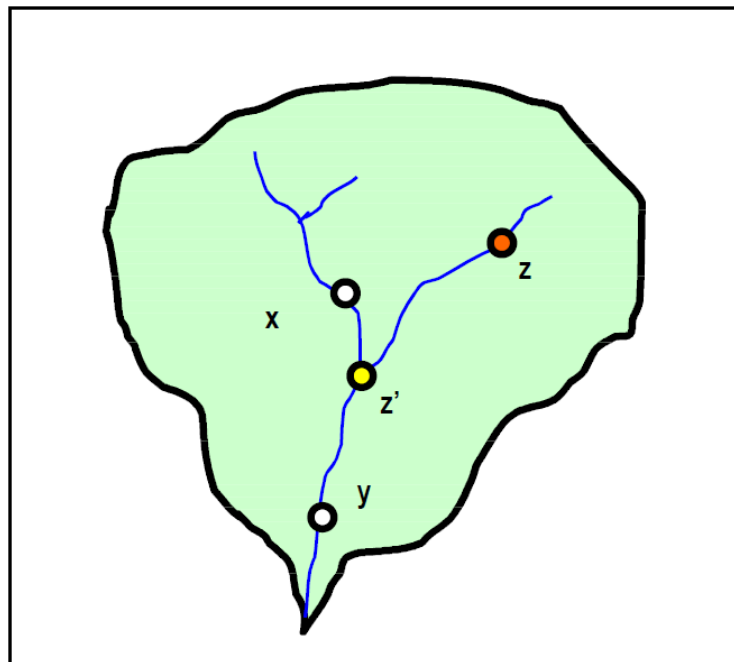
em que:

$$\begin{aligned}
Q_z &= \text{vazão de interesse, em m}^3/\text{s}; \\
Q_x &= \text{vazão no posto de montante, em m}^3/\text{s}; \\
Q_y &= \text{vazão no posto de jusante, em m}^3/\text{s}; \\
A_z &= \text{área de drenagem na região de interesse, em km}^2; \\
A_x &= \text{área de drenagem do posto de montante, em km}^2;
\end{aligned}$$

- A_y = área de drenagem do posto de jusante, em km²;
 d_x = distância de z até o posto de montante, em km; e
 d_y = distância de z até o posto de jusante, em km.

O terceiro caso considera a seção localizada a jusante do ponto de vazão conhecida. A vazão é calculada da mesma forma apresentada no caso 1. A quarta situação considera que o ponto de interesse se localiza em um canal afluente e que a foz deste se encontra entre dois postos fluviométricos de um canal de ordem superior. Nesta situação recomenda-se combinar as duas soluções anteriores, calculando inicialmente a vazão para um ponto z' localizado exatamente na confluência entre os dois segmentos de ordem superior x e y (Figura 2) e em seguida, utilizar a equação (2) para determinar a vazão no ponto de interesse (z).

Figura 2 – Ponto de interesse em canal afluente entre dois pontos de vazão conhecida em canal de ordem superior.



Fonte: Chaves *et al.* (2002).

Aplicando metodologias de regionalização para obtenção de vazões mínimas da bacia do Rio São Francisco na região a montante do reservatório de Três Marias, Da Silva (2009) verificou que o melhor método foi o tradicional. Fazendo uso de equações de regressão, o parâmetro que explicou de forma mais adequada o comportamento das vazões

mínimas foi o de precipitação considerando o trimestre mais seco. Tal aplicação resultou em um erro relativo médio de 26,8%. Já para realizar análise temporal das séries de escoamento na bacia do rio Pratudão, sub bacia do rio Corrente, Da Silva *et al.* (2021) considerou mais adequado o método de Chaves *et al.* (2002) no caso 1 considerando a disponibilidade de dados.

2.4 MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTO

A compreensão do comportamento do fluxo de águas subterrâneas auxilia no entendimento dos ciclos hidrológicos, variações climáticas e dos efeitos gerados pela exploração de água subterrânea (GONÇALVEZ, ENGELBRECHT & CHANG, 2016). Considerando que a vazão dos rios é composta também por uma parcela da água presente nos aquíferos adjacentes, águas subterrâneas e superficiais devem ser tratadas de forma separada. Pensando na gestão hídrica, é necessário avaliar o quantitativo dessas entradas nos canais de drenagem superficiais. Para isso, realizam-se métodos de separação de escoamento (MIRANDA et al, 2014).

Gonçalves, Engelbrecht & Chang (2016) apresentam diferentes metodologias para realizar a separação dos escoamentos. Dentre essas, traçadores químicos e isotrópicos, análise gráfica e filtros digitais. Pela metodologia com traçadores químicos e isotrópicos é possível obter bons resultados, no entanto, esta apresenta elevados custos e baixa praticidade. Os autores ainda apontam que a análise gráfica é de fácil aplicação, porém, os resultados demandam muito tempo e estão sujeitos a subjetividade do pesquisador, pois são obtidos manualmente (GONÇALVEZ, ENGELBRECHT & CHANG, 2016).

O método dos filtros digitais, desenvolvido por Pettyjohn e Henning (1979) é bastante aplicado, pois sua padronização e sistematização permite a utilização de *softwares* com rotinas de repetição para o tratamento dos dados. Como exemplo de ferramenta de separação por filtros digitais, o SEPHidro 2.0, elaborado por Miranda (2014) realiza a separação de escoamentos e conta com três desenvolvidos por Pettyjohn & Henning (1979). Os métodos em questão são do Intervalo Fixo (IF), Intervalos Móveis (IM), Mínimos Locais (ML). O *software* ainda apresenta um quarto método, das Médias Móveis (MM), que foi desenvolvido no *Institute of Hydrology* (1980) e possui vasta aplicação em bacias de grandes dimensões.

Para realizar a separação do escoamento seguindo os métodos de Pettyjohn & Henning (1979), inicialmente estima-se o tempo de recessão (N). Este representa a

quantidade de dias até o cessamento da contribuição do escoamento superficial. Para realizar a análise, é considerado o intervalo $2N^*$, número inteiro mais próximo ao dobro de N . Tal parâmetro é dado pela equação proposta por Linsley Jr & Kohler & Paulhus (1975).

$$N = 0,827A^{0,2} \quad (7)$$

em que:

N = período de recessão, em dias.

A = área da bacia, em km^2 .

Pelo método do Intervalo Fixo, realiza-se a separação do hidrograma adotando o menor valor de vazão dentro do período $2N^*$. Uma barra de intervalo $2N^*$ é movimentada horizontalmente sob todos os dias do hidrograma e verticalmente até atingir a curva do hidrograma. Atribui-se o valor encontrado para todo o intervalo $2N^*$. A quantidade de repetições a ser feita com esse método é dada pela equação (PETTYJONH & HENNING, 1979):

$$K = \frac{P}{2N^*} \quad (8)$$

em que:

K = número de intervalos analisados, adimensional; e

P = período de dados do hidrograma, em dias.

Para o método do Intervalo móvel, uma barra de intervalo $2N^*$ é movimentada até atingir a curva do hidrograma. Atribui-se este valor à mediana do intervalo. Esse procedimento é repetido diariamente dentro do hidrograma e os valores obtidos são conectados a fim de definir o escoamento de base e o escoamento superficial. O método dos Mínimos Locais avalia diariamente se a mediana obtida no intervalo $2N^*$ é o menor valor de vazão observada ao longo deste intervalo. Atribui-se apenas o valor ao ponto se for verdadeiro, caso contrário o valor é desconsiderado. Finalizada a análise diária, todos os pontos obtidos são unidos em uma reta e então se obtém a separação dos escoamentos (PETTYJONH & HENNING, 1979).

No método das Médias Móveis, realiza-se o cálculo da vazão média do ponto mediano do intervalo $2N^*$. Repete-se esse procedimento para todos os pontos e todos os dias e, ao fim, os valores são reunidos em uma curva que apresenta a separação dos escoamentos (INSTITUTE OF HYDROLOGY, 1980).

Ao realizar a separação, independentemente do método utilizado, o volume escoado pode ser quantificado por meio das equações (MIRANDA, 2014):

$$V_{(i)} = \int_{t_i}^{t_{i+1}} Q_i dt = \frac{(Q_{(i+1)} + Q_{(i)})}{2} t \quad (9)$$

$$V_{ESub(i)} = \int_{t_i}^{t_{i+1}} Q_{ESub(i)} dt = \frac{(Q_{ESub(i+1)} + Q_{ESub(i)})}{2} t \quad (10)$$

$$V_{ES(i)} = V_{(i)} - V_{ESub(i)} \quad (11)$$

em que:

- $V_{(i)}$ = volume total escoado no dia i, em m^3 ;
- $Q_{(i)}$ = vazão do dia i, em m^3/s ;
- Δ_t = intervalo de tempo entre t_i e t_{i+1} , em s;
- $V_{ESub(i)}$ = volume de escoamento subterrâneo no dia i, em m^3 ;
- $Q_{ESub(i)}$ = vazão subterrânea no dia i, em m^3/s ; e
- $V_{ES(i)}$ = volume de escoamento superficial direto, em m^3 .

E o volume do fluxo de base anual é obtido pelo somatório de todo o volume do escoamento de base do primeiro ao último dia do ano hidrológico.

$$V_{ESuba} = \sum_{i=1}^{ud} V_{ESub(i)} \quad (12)$$

em que:

V_{ESuba} = volume de escoamento subterrâneo total anual, em m³; e
 ud = último dia do ano hidrológico.

Analisando a contribuição do Sistema Aquífero Urucuia para o Rio São Francisco, Gonçalves, Engelbrecht & Chang (2018) aplicaram o método dos Mínimos Locais por meio de uma rotina computacional no ambiente Visual Basic for Applications (VBA). Nesse estudo foram avaliadas as contribuições das bacias dos rios Preto, Grande, Carinhanha, Pandeiros e Corrente. Como resultado, foi apresentado que a bacia do rio Corrente tem uma contribuição média de 190m³/s para o fluxo de base do Rio São Francisco.

2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A infiltração da água no solo é um dos principais pontos do ciclo hidrológico, isso pois é fundamental para a recarga dos aquíferos. Os fatores que influenciam o processo de infiltração podem ser de ordem natural ou antrópica. Os aspectos naturais incluem o relevo, mineralogia, textura, estrutura, porosidade e umidade inicial. Os fatores antrópicos relacionam-se com o tipo de uso e ocupação superficial, levando a necessidade de supressão da vegetação, o que resulta em compactação e impermeabilização do solo (GASPAR & CAMPOS & CADAMURO, 2007). Diferentes tipos de solo apresentam um comportamento diferente nesse processo (JÚNIOR & BARBASSA, 2012).

Segundo a classificação dos solos do Serviço de Conservação do Solo dos EUA, estes são subdivididos em quatro categorias (A, B, C e D). Essa separação é feita com base na quantidade de argila presente, sendo que em solos arenosos esse valor varia entre 0 e 15%. Tal parâmetro influencia diretamente no potencial de geração de escoamento superficial, tendo em vista o potencial impermeabilizante da argila. Os solos do tipo A possuem grandes taxas de infiltração mesmo quando saturados, sendo os valores mínimos são maiores que 7,6 mm·h⁻¹. A estrutura do solo nesta categoria é do tipo arenosa, profunda e altamente drenante (JÚNIOR & BARBASSA, 2012).

Devido à grande diversidade das características climáticas, geomórficas e de vegetação do país, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Os solos são avaliados quanto a sua composição, profundidade, capacidade de drenagem e quanto à reação, se são ácidos ou alcalinos (SOLOS, 2018). Solos da região Oeste da Bahia são em geral latossolos

vermelhos e amarelos, ácidos, com alta concentração de alumínio e pouca quantidade de nutrientes. Além disso, apresentam relevo majoritariamente plano ou suavemente ondulado (PASSOS, ROCHA & HADLICH, 2010).

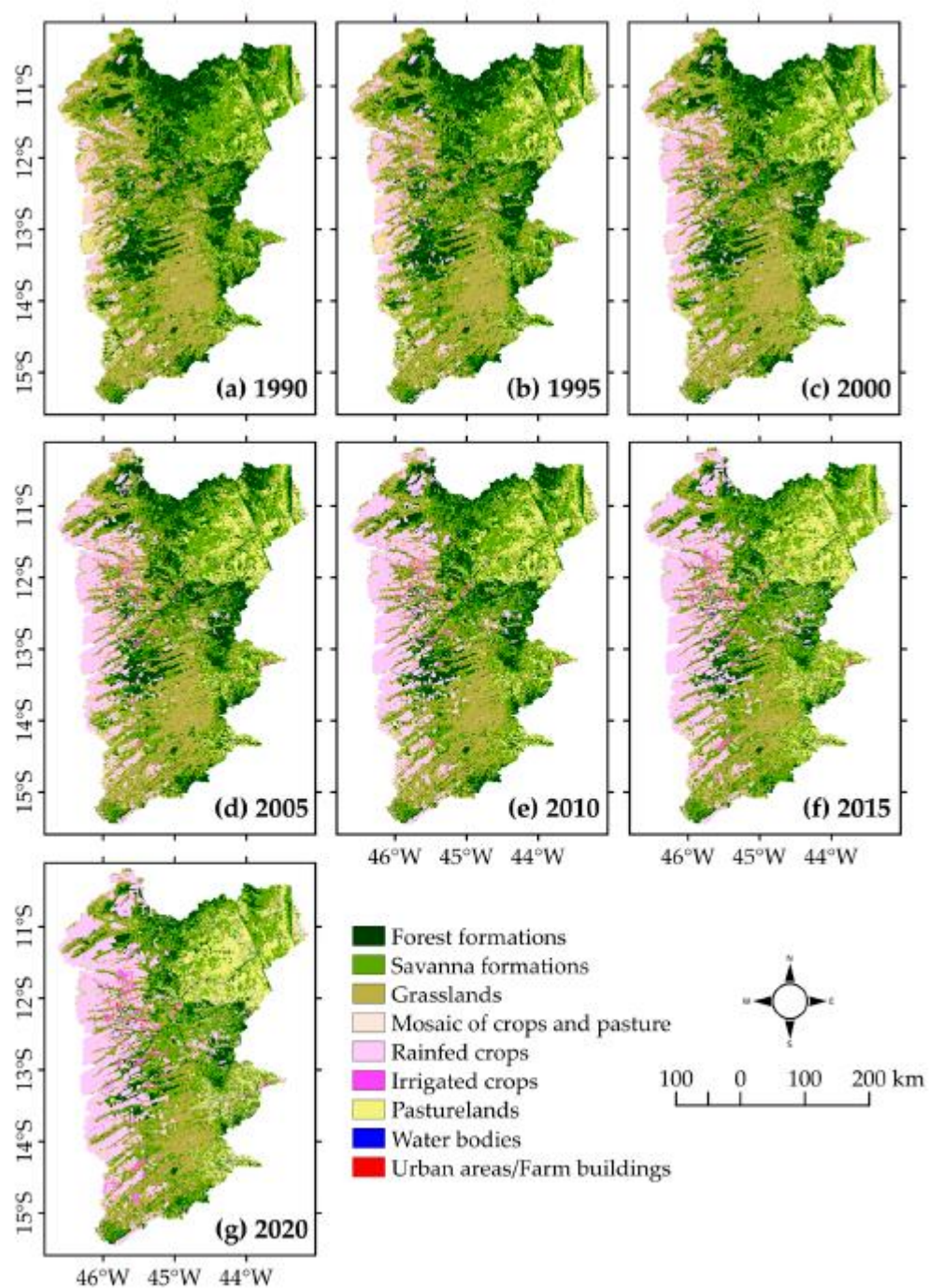
A fácil correção do caráter ácido e inserção de nutrientes (DIONIZIO *et al.*, 2020) aliada à possibilidade de mecanização por conta do relevo foram fatores que levaram à expansão de atividades agrícolas na região desde a década de 1990 (PIMENTA *et al.*, 2021). As alterações provocadas por esse avanço foram intensas, gerando várias modificações no solo, incluindo o processo de infiltração. A utilização de máquinas pesadas para o preparo do solo, como é o caso da aragem, é um dos fatores associados à compactação do solo pela agricultura (GASPAR & CAMPOS, 2007).

Dionizio & Costa (2019) avaliaram a condutividade hidráulica do solo saturado com diferentes coberturas. Para a cobertura de vegetação nativa, a infiltração obtida foi de 162,9 mm·h⁻¹. Já em áreas de agricultura irrigada, este valor foi de 62,2 mm·h⁻¹. Estes resultados indicam que os solos estão sendo adensados nas regiões onde há ocupação agrícola.

Coelho *et al.* (2014) avaliaram a dinâmica do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do riacho São Paulo no estado de Pernambuco. Para isso, foi feita uma classificação dos diferentes usos do solo no *software* SPRING 5.1.8 com imagens do satélite Landsat-5 nos períodos entre 1991 e 2010. Para a bacia em estudo foi apresentada a substituição progressiva da vegetação natural por áreas de pastagem e agricultura, configurando em uma fragmentação da paisagem local.

Para a região oeste da Bahia, dados sobre diferentes usos do solo entre os períodos de 1990 a 2021 estão disponíveis no formato de mapas no site OBahia (OBAHIA, 2022). O OBahia é uma plataforma aberta que apresenta de forma simples os resultados desenvolvidos no projeto "Estudo do potencial hídrico da região oeste da Bahia: quantificação e monitoramento da disponibilidade dos recursos do aquífero Urucuia e superficiais nas bacias dos rios corrente e grande". Esses dados foram validados por Pimenta *et al.* (2021), cujo objetivo foi avaliar o uso e ocupação do solo a fim identificar possibilidades e alternativas para o aumento da expansão agrícola na região (Figura 3).

Figura 3 – Alterações no uso e ocupação do solo na região Oeste da Bahia entre 1990 e 2020.



Fonte: Pimenta *et al.* (2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Situada no estado da Bahia, a bacia do rio Corrente localiza-se na região do Médio São Francisco, em sua margem esquerda, entre as coordenadas 12°45' e 14°50'S e 43°20' e 46°15'W (Figura 4). A bacia possui uma área total de aproximadamente 34.000km² que se distribui entre os territórios dos municípios de Baianópolis, Bom Jesus da Lapa, Brejolândia, Canápolis, Cocos, Coribe, Feira da Mata, Correntina, Jaborandi, Muquém do São Francisco, Santa Maria da Vitória, Santana, São Desidério, São Félix do Coribe, Serra do Ramalho, Serra Dourada e Sítio do Mato (LAGE, PEIXOTO & VIEIRA, 2008).

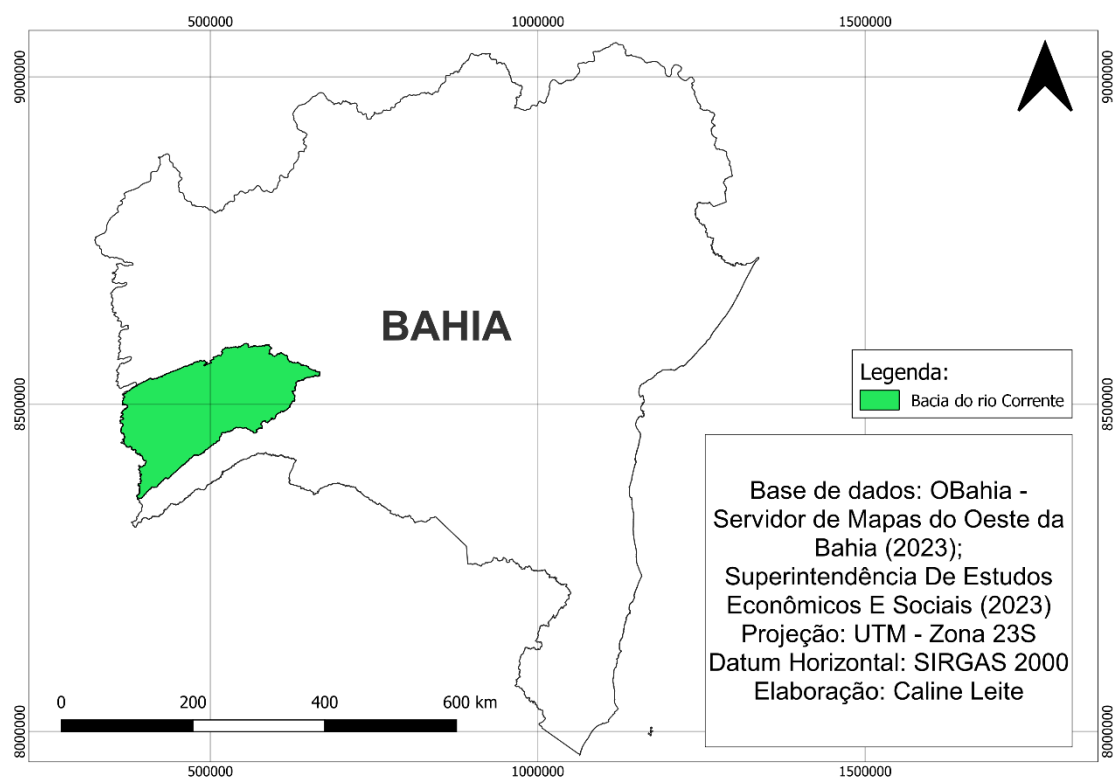


Figura 4 – Localização da bacia do rio Corrente no estado da Bahia

O clima é dividido entre estação seca e chuvosa. O período de chuvas ocorre entre outubro e abril. A precipitação média anual é em torno de 1.000 mm. A geologia da bacia é formada principalmente pelo planalto de arenito que constitui o Urucuia e também de formações carbonáticas. A formação predominante é a do Urucuia (LECOMTE, BICALHO

& SILVA-FILHO, 2016). Os solos que ocorrem na região são principalmente do tipo latossolos vermelhos-amarelos álicos e distróficos de textura média e areias quartzosas e distróficas (MUGGLER *et al.*, 1996).

3.2 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O contorno da bacia utilizado foi baixado de forma gratuita no site do OBahia (2023) no formato shapefile. Fazendo o uso do *software* gratuito QGIS 3.22.4, foi possível calcular a área da bacia, sendo essa de 34.141,9 km². Para a região da bacia, foram delimitados os parâmetros espaciais de precipitação e uso e ocupação do solo. Dessa forma, foi possível extrair os dados e realizar as análises necessárias.

3.3 BALANÇO HÍDRICO

A escolha das estações pluviométricas para o estudo foi realizada com auxílio do plugin *ANA Data Acquisition* do *software* QGIS 3.22.4. Essa ferramenta disponibiliza, de forma geoespacial, todos dados disponíveis na ANA – precipitação, nível e vazão. Além dessas estações, também foi adicionada à análise, a estação pluviométrica Posse de código 83332 do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023), pois essa se localiza nas proximidades da bacia e apresenta uma série bem consistida de dados.

A princípio, para a precipitação, a seleção de estações foi feita com base em um polígono que compreendeu uma área além do perímetro da bacia. A partir dessas estações, foram selecionadas as que apresentavam, no mínimo, 90% de dados disponíveis para o intervalo de outubro de 1980 a setembro de 2020, período selecionado a partir de análise prévia do ano hidrológico da bacia.

O preenchimento foi feito com o auxílio de 87 estações pluviométricas da região oeste da Bahia e proximidades, incluindo as estações da área de estudo, seguindo o método da regressão linear (BERTONI & TUCCI, 2000). Os dados foram organizados em meses e, posteriormente, em anos hidrológicos. A tolerância mensal foi de até 5 dias de falhas. Os meses que apresentaram valores superiores de falhas foram preenchidos. Para o processamento desses dados foi utilizada a linguagem de programação Python. As estações de apoio para preenchimento estão apresentadas no Apêndice A. Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros de preenchimento das estações selecionadas para a análise.

Tabela 1 – Parâmetros de preenchimento das estações pluviométricas selecionadas para estudo na bacia do Rio Corrente.

Estação Preenchida	Estação de Preenchimento	Coefficiente de Correlação (r²)	Equação
83332	1346000	0.775	$y = 0.9818x + 17.264$
1243000	1444000	0.708	$y = 0.7036x + 9.5151$
1244019	1347001	0.783	$y = 0.8345x + 8.16$
1245007	1443001	0.7233	$y = 0.695x + 3.0157$
1343008	1444005	0.685	$y = 0.7776x + 9.4239$
1344002	1444017	0.780	$y = 0.8427x + 14.666$
1344013	1444017	0.829	$y = 0.9767x + 11.104$
1344014	1444017	0.764	$y = 0.8696x + 8.4582$
1344015	1444000	0.817	$y = 0.9189x + 7.2867$
1344016	1444017	0.806	$y = 0.8938x + 10.681$
1344017	1444017	0.808	$y = 0.8308x + 9.6797$
1345000	1444001	0.616	$y = 0.8537x + 18.346$
1346002	83332	0.757	$y = 0.7122x + 9.9016$
1346004	83332	0.733	$y = 0.9314x + 6.5491$
1346006	83332	0.746	$y = 0.8397x + 8.1587$
1444000	1344013	0.825	$y = 0.8311x + 3.7943$
1444001	1344013	0.795	$y = 0.7935x + 6.5965$
1444004	1344013	0.789	$y = 0.7659x + 1.3653$
1444017	1344013	0.829	$y = 0.8492x + 3.715$
1445000	1344013	0.688	$y = 0.8111x + 19.815$

Os dados disponíveis são diários, portanto, não são consistidos. Dessa forma, foi realizado também o teste de consistência da Dupla-Massa com intuito de verificar a confiabilidade dos dados dos postos pluviométricos. As estações foram organizadas em 4 subgrupos, considerando a variação do comportamento das precipitações da bacia do rio Corrente no sentido leste-oeste (MANTOVANI *et al*, 2019). Os gráficos gerados estão apresentados no Apêndice B. Após a verificação da consistência dos dados, as estações que apresentaram consistência nos dados foram selecionadas, totalizando 20 estações pluviométricas localizadas nas proximidades e sobre a área a bacia do rio Corrente (Figura 5). As estações selecionadas para esse estudo estão apresentadas na Tabela 2.

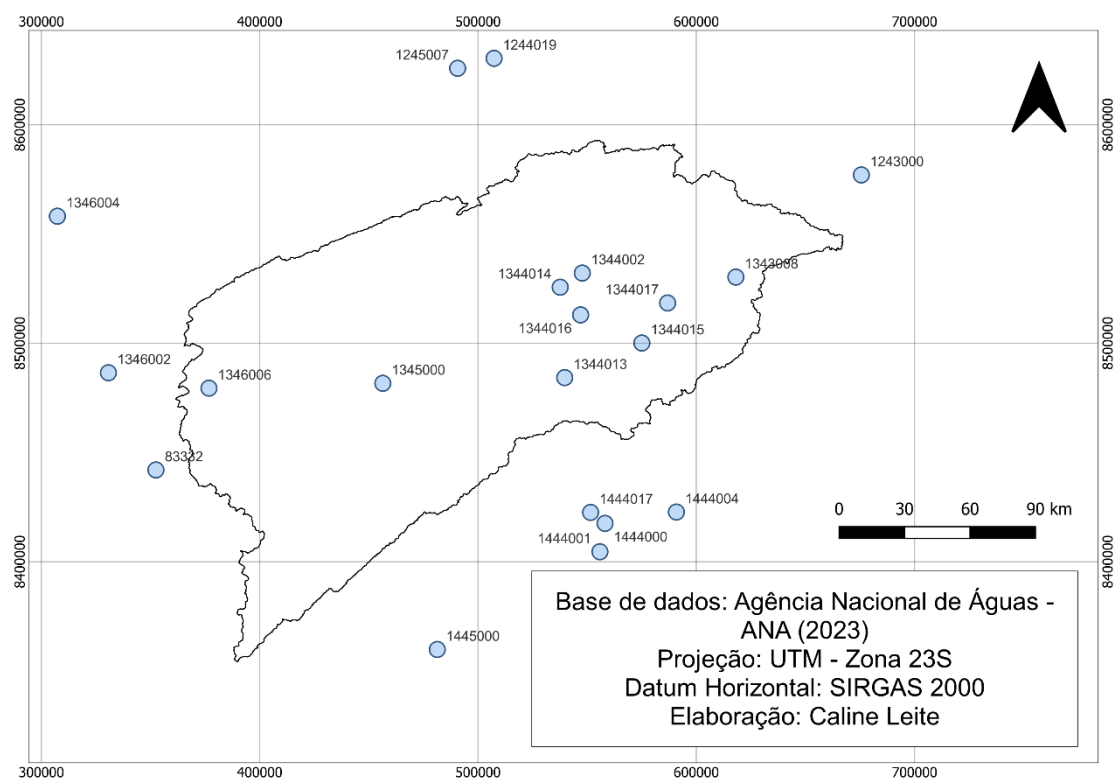


Figura 5 – Estações pluviométricas sob a bacia do Rio Corrente.

Tabela 2 – Estações pluviométricas selecionadas para estudo na bacia do Rio Corrente.

Código	Nome
83332	Posse
1243000	Gameleira
1244019	Fazenda Coqueiro
1245007	Sítio Grande
1343008	Porto Novo
1344002	Mocambo
1344013	Gatos
1344014	Correntina
1344015	Colônia do Formoso
1344016	Arrojado
1344017	Santa Maria da Vitória
1345000	Arrojolândia
1346002	Fazenda Ingazeiro
1346004	Campos Belos
1346006	Fazenda Planalto
1444000	São Gonçalo
1444001	Capitânia
1444004	Juvenília

Para determinação dos valores médios totais anuais e mensais precipitados, a partir das estações preenchidas foi realizada a interpolação do Inverso da Potência das Distâncias (IDW). Essa técnica é bastante aplicada para pontos espalhados espacialmente e consiste em aplicar uma combinação linear ponderada, onde o peso de cada ponto é dado pelo inverso de uma função da distância (MARCUIZZO & ANDRADE & MELO, 2011). Para o processamento desse método, foi utilizada a ferramenta Interpolação IDW do *software* QGIS 3.22.4.

Para a obtenção dos totais precipitados anuais, foi realizado o somatório de todas as precipitações registradas em cada ano, em cada estação. Com esses valores foi feita a interpolação e extraída a precipitação média anual da bacia. As precipitações mensais seguiram procedimento análogo. A princípio foi feito o somatório, para todo o período, de cada um dos meses do ano e em todas as estações separadamente. Os valores foram interpolados e a média mensal precipitada sobre a área da bacia foi extraída. Dessa forma, foi possível definir o ano hidrológico e realizar a série histórica de precipitação da bacia entre 1980 e 2020.

A vazão foi avaliada no encontro entre os rios Corrente e São Francisco, na divisa entre os municípios de Bom Jesus da Lapa e Sítio do Mato. Como não há estação de medição no ponto definido como exutório, foi feita a regionalização de vazões com a estação auxiliar Porto Novo de código 45960001. Como essa estação se localiza a montante do ponto definido como exutório (Figura 6), o método utilizado para a regionalização foi o da Eletrobrás (1985b). Aplicando-se a equação (2), as vazões médias anuais e mensais, no exutório, foram obtidas. O ponto definido como saída da bacia foi escolhido com base na rede de drenagem da bacia disponibilizada pela ANA (2023).

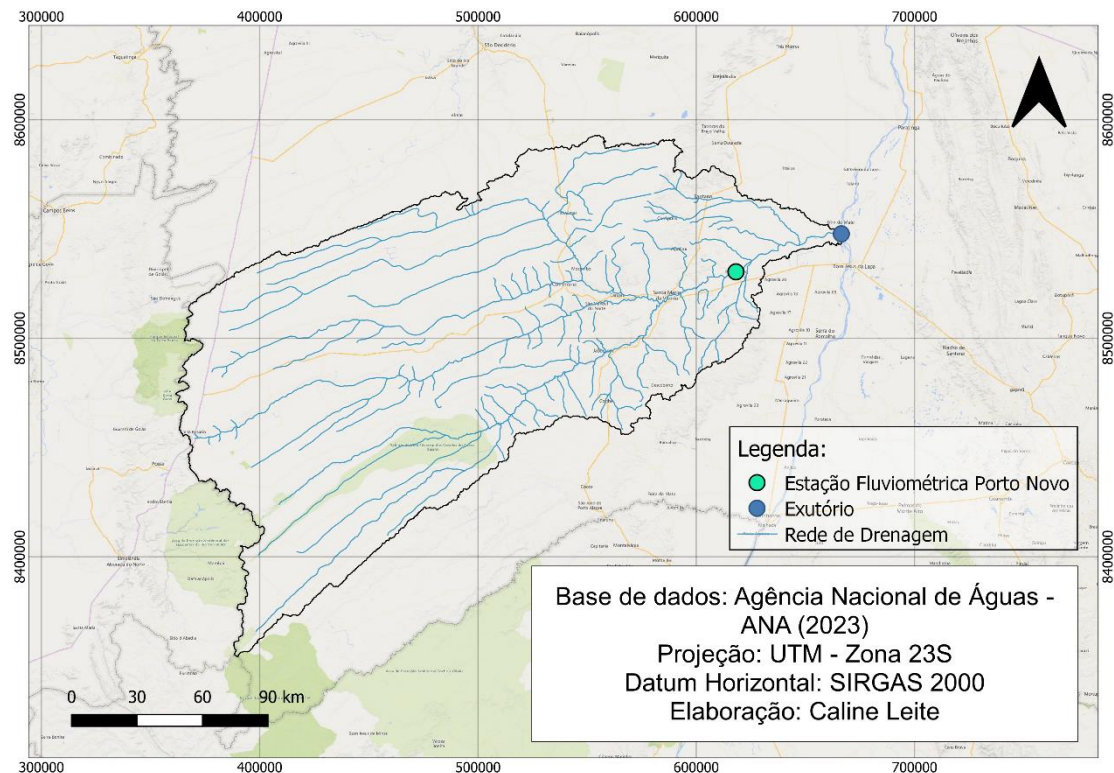


Figura 6 – Estação fluviométrica e exutório da área de estudo.

Com os dados de precipitação em $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$, os dados de vazão no exutório também foram convertidos em lâmina para a conformação das unidades do balanço hídrico. Sendo assim, aplicou-se a equação (13).

$$Q = 31.536 \frac{q}{A} \quad (13)$$

em que:

- Q = escoamento médio anual da bacia, em $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$;
 q = vazão média anual, em $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$; e
 A = área da bacia, em km^2 .

Para determinar a evapotranspiração aplicou-se a equação (1) do balanço hídrico. Ainda foi calculado o coeficiente de escoamento a longo prazo, foi aplicada a equação (14).

$$C = \frac{Q}{P} \quad (14)$$

em que:

- C = coeficiente de escoamento a longo prazo, adimensional;
 Q = escoamento médio anual da bacia, em mm·ano⁻¹; e
 P = precipitação média anual da bacia, em mm·ano⁻¹.

O valor resultante desse coeficiente representa a parcela da chuva sobre a área da bacia que se transforma em escoamento (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

3.4 SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTOS

Assim como Gonçalves, Engelbrecht & Chang (2018), a separação de escoamentos foi realizada pelo método dos Mínimos Locais. Para isso, foi utilizada a ferramenta web *SepHydro* (SEPHYDRO, 2023). Essa plataforma, que realiza a separação de escoamentos por 11 diferentes métodos de forma gratuita, foi desenvolvida pela parceria entre os institutos canadenses *Canadian Rivers Institute* (CRI), *University of New Brunswick* (UNB), *Agriculture and Agri-Food Canada* (AAFC) e o *Environment and Climate Change Canada* (ECCC) (DANIELESCU, 2018).

O procedimento consiste apenas em fornecer os dados de vazão, selecionar o método de separação desejado e proceder a divisão do escoamento. O período de análise foi todo o compreendido entre outubro de 1980 e setembro de 2020. Pelas limitações do *software*, que realiza a análise de apenas 20 anos, o período total foi processado em duas etapas. Inicialmente de 1980 a 2000 e em seguida, de 2000 a 2020. Como o método faz uso de dados diários, não foi possível avaliar a separação dos escoamentos no exutório da bacia, onde não há estação fluviométrica.

Sendo assim, a separação do escoamento foi realizada na estação Porto Novo, código 45960001, localizada a aproximadamente 52 km do exutório da bacia do rio Corrente. A área de drenagem desta é de 31.000 km², correspondendo a aproximadamente 91% da área total da bacia. A partir da divisão dos escoamentos foi possível gerar a série histórica do escoamento de base da área de estudo.

3.5 DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para a análise do uso e ocupação do solo, foram utilizadas as imagens disponíveis, de forma gratuita, no Portal OBahia (OBAHIA, 2023). De modo a obter as áreas totais correspondentes a cada classe de uso e ocupação do solo na bacia, os dados foram processados no *software* QGIS versão 3.22.4, utilizando a ferramenta de classificação *r.report* do *plugin* GRASS.

As imagens disponibilizadas apresentam a evolução anual das alterações no uso e ocupação do solo entre os anos de 1990 e 2020. Com isso, foi possível verificar a dinâmica dos diferentes tipos de ocupação, considerando a classificação realizada nas referidas imagens, sendo elas: área urbana e construções rurais, corpos hídricos, formações florestais, formações savânicas, formações campestres, agricultura ou pastagem, agricultura de sequeiro, agricultura irrigada e pastagem. As imagens processadas foram classificadas e validadas por Pimenta *et al.* (2021).

3.6 CORRELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO DO SOLO E VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

A fim de verificar como a alteração do uso e ocupação do solo afeta o regime hídrico da bacia foram analisadas as correlações entre a vazão e a evolução do uso e ocupação do solo nas classes das imagens disponibilizadas no OBahia (2023). Para isso, as classes foram agrupadas em vegetação nativa (Formações Florestais, Formações Savânicas e Formações Campestres) e áreas de agropecuária (Agricultura ou pastagem, Agricultura de sequeiro, Agricultura irrigada e Pastagem), de modo a permitir realizar correlações entre as variáveis hidrologicas com áreas naturais e antropizadas.

O coeficiente de correlação para realizar a análise foi o de Spearman já que a análise foi realizada entre variáveis que podem variar juntas, mas não necessariamente de forma constante. O coeficiente pode ser obtido pela equação (15) (ZIMMERMANN, 2014).

$$\rho = 1 - \frac{6T}{n(n^2 - 1)} \quad (15)$$

em que:

ρ = coeficiente de correlação de Spearman,
 n = tamanho da amostra; e

A variável T é calculada por:

$$T = \sum_{n=1}^n [R(X_i) - R(Y_i)]^2 \quad (16)$$

em que:

$R(X_i)$ = posto de X_i quando comparado com os outros valores da amostra X.
 $R(Y_i)$ = posto de Y_i quando comparado com os outros valores da amostra Y.

Essa análise resulta em uma medida não paramétrica da relação entre dois conjuntos de dados. O valor do coeficiente está compreendido entre -1 e +1. Uma correlação positiva ocorre para valores acima de zero e isso implica na evolução diretamente proporcional entre as variáveis. De forma análoga, correlações negativas apresentam coeficiente abaixo de 0 e relação inversamente proporcional entre a variação dos parâmetros. Quanto mais próxima dos extremos do intervalo do coeficiente, maior a correlação entre as variáveis. Um coeficiente igual a 0 implica em nenhuma correlação (ZWILLINGER & KOKOSKA, 2000).

Os dados foram processados via linguagem de programação Python por meio da biblioteca *scipy* que já retorna o coeficiente de correlação e o valor p. As análises de correlação foram realizadas tanto com a vazão superficial quanto com a vazão de base do rio Corrente, para um melhor detalhamento da influência do uso do solo e da precipitação sobre o regime hídrico da bacia. Com isso, foi possível então avaliar o grau de influência dos fatores avaliados sobre o regime de vazões da região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 BALANÇO HÍDRICO

Na Figura 7 apresentam-se as precipitações médias mensais na bacia durante o período de estudo, entre 1980-1981 e 2019-2020. O mês de menor precipitação foi junho, com uma média de 1,0 mm e o mês de maior precipitação foi dezembro com a média de 212,2 mm.

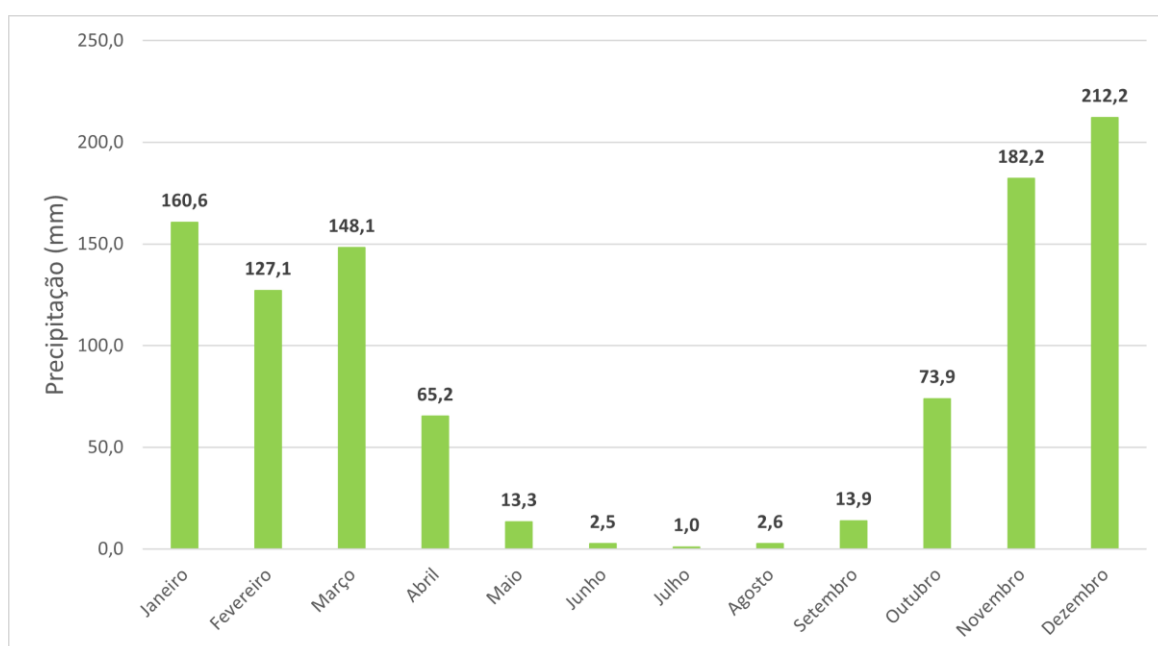


Figura 7 – Precipitações médias mensais para a bacia do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

Ainda, nas figuras 8 e 9 estão apresentadas as distribuições espaciais das chuvas na bacia, obtidas por interpolação IDW, para os anos hidrológicos 1980-1981 e 2019-2020, respectivamente. As distribuições espaciais para os demais anos hidrológicos são apresentadas no Apêndice C. O primeiro ano hidrológico da série histórica apresentou precipitação mínima de 948,57 mm e máxima de 1630,69 mm. Já o último ano teve precipitações mínimas e máximas de 930,73 e 1336,24 mm, respectivamente.

Comparando apenas os dois anos hidrológicos (Figuras 8 e 9), a região oeste da bacia concentra os maiores totais precipitados. A precipitação diminui de oeste para leste, portanto, com os menores valores observados nas proximidades do seu exutório. No entanto,

no ano 2019-2020 a amplitude precipitada reduziu-se, não sendo tão expressiva essa diferença quando comparada ao ano hidrológico 1980-1981.

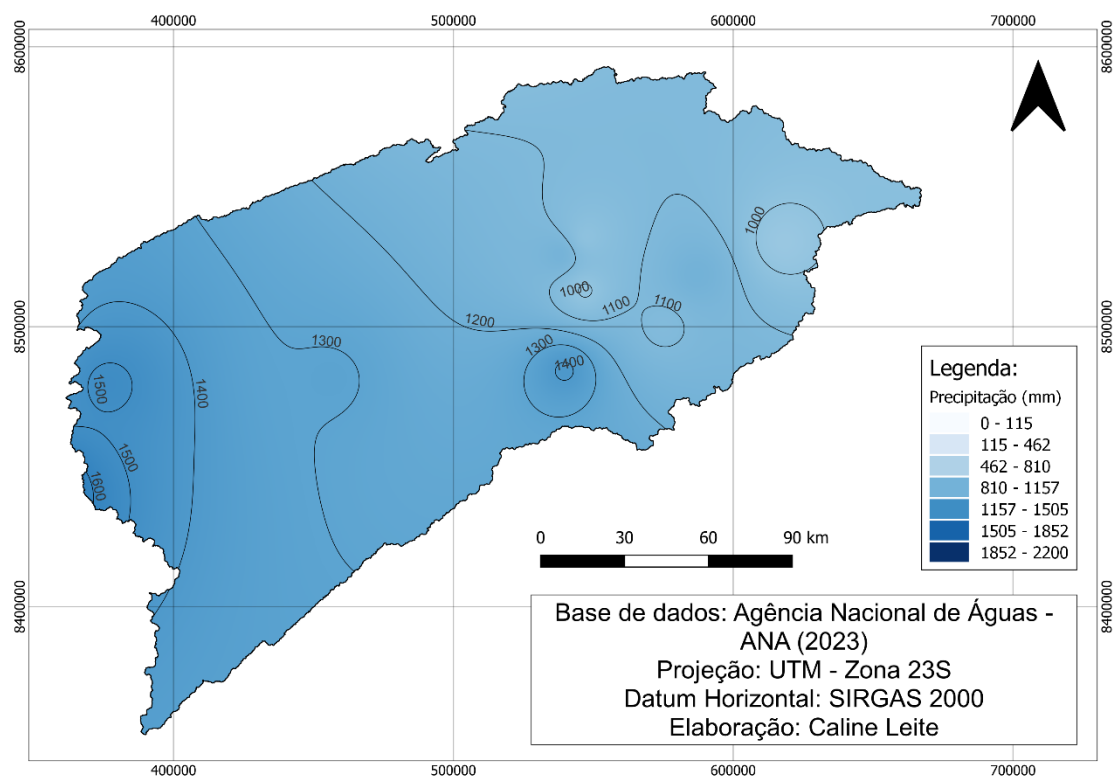


Figura 8 – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1980-1981.

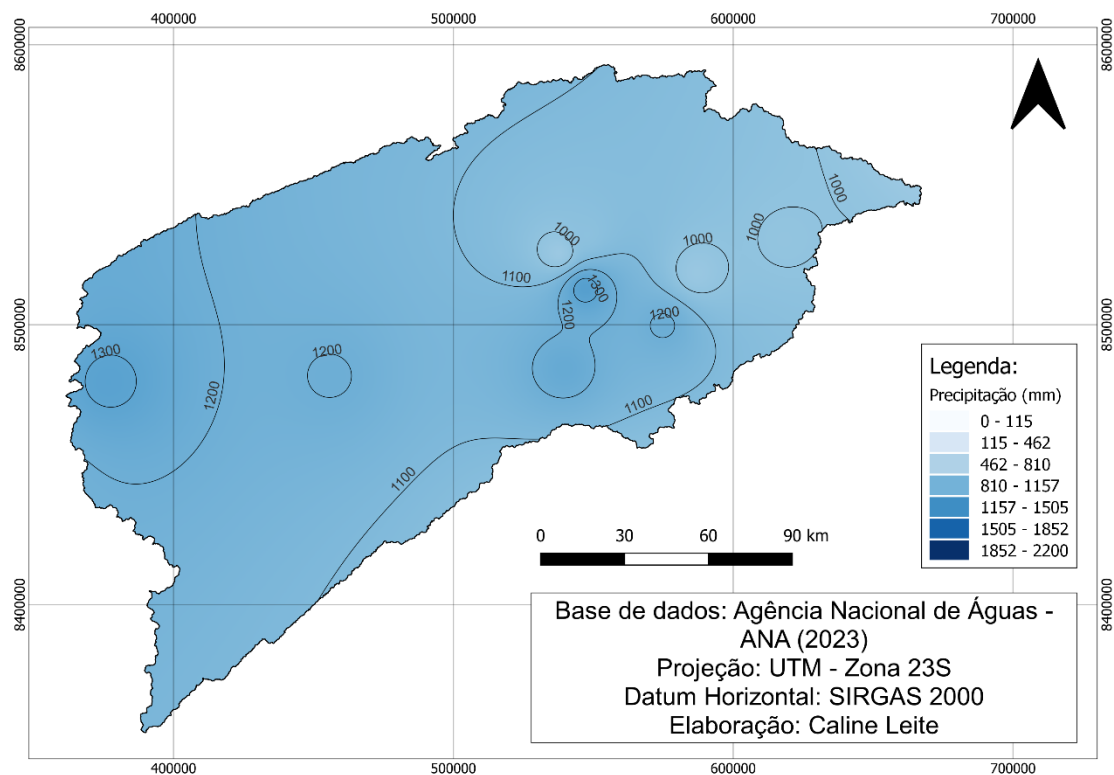


Figura 9 – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2019-2020.

O comportamento das vazões médias mensais da bacia durante o período de 1980-1981 a 2019-2020, analisada a vazão regionalizada para o exutório da bacia, pode ser observado na Figura 8. O mês que apresentou menor vazão foi setembro, com $162,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dezembro foi o mês que apresentou maior vazão média, chegando a $266,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

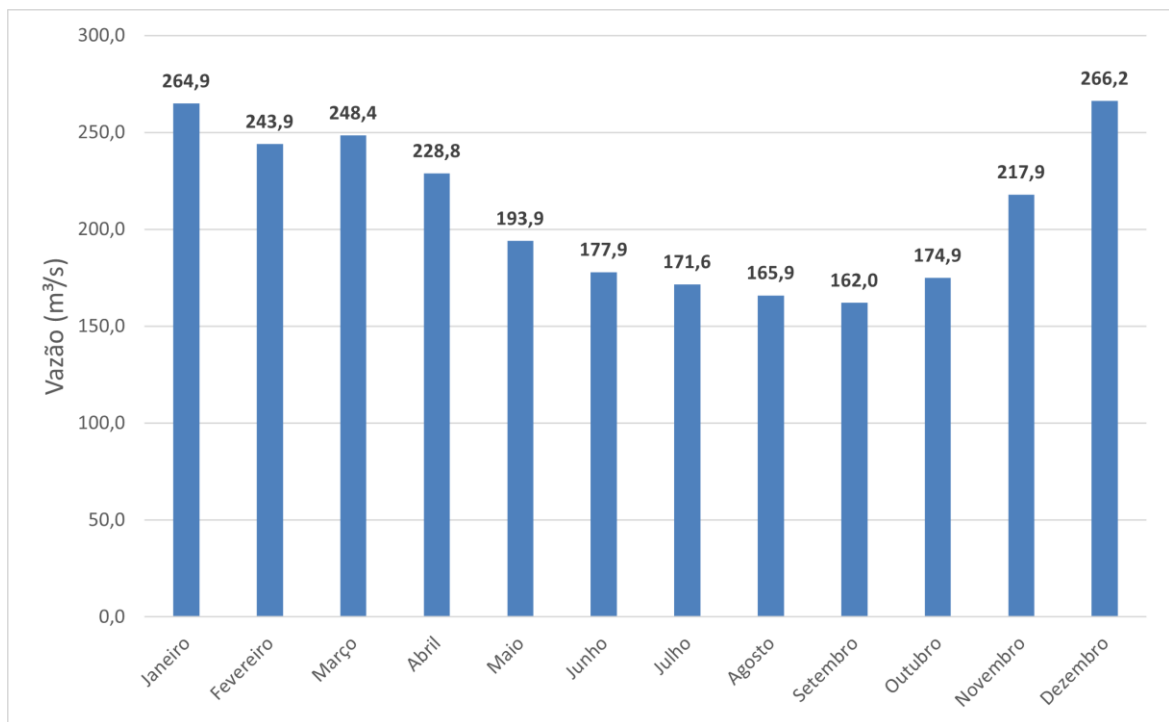


Figura 10 – Vazões médias mensais para a bacia do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

Comparando os parâmetros de chuva e vazão pela Figura 11, é possível observar que, no decorrer dos meses do ano, conforme as precipitações diminuem, o mesmo ocorre com as vazões.

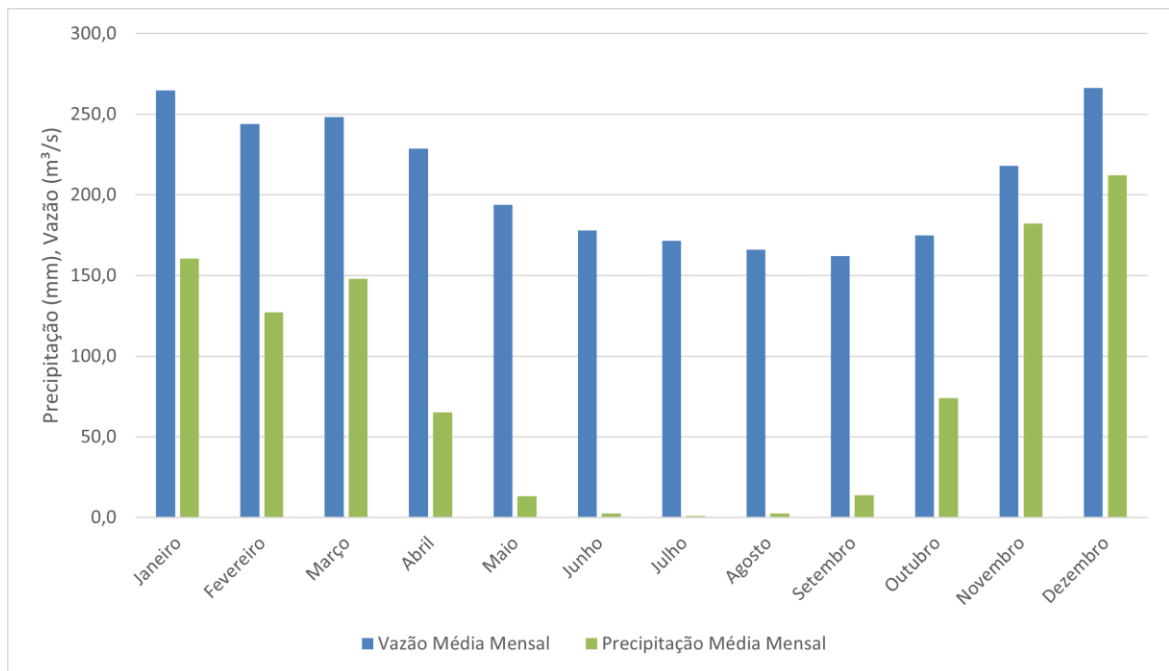


Figura 11 – Precipitações e vazões médias mensais para a bacia do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

Pela análise dos regimes de precipitação e vazão na bacia, em relação à sua distribuição mensal, percebe-se que a adoção do mês de outubro como mês inicial do ano hidrológico foi adequada, pois coincide com o período em que a vazão começa a aumentar e a precipitação aumenta de forma mais abrupta.

Em relação à variação dos valores de precipitação total anual e vazão média anual no decorrer da série histórica, verificou-se a redução dos dois parâmetros. Na Figura 12, são apresentadas as precipitações totais anuais e as vazões médias anuais para o período analisado. A partir da análise das respectivas linhas de tendência, é possível confirmar essa redução.

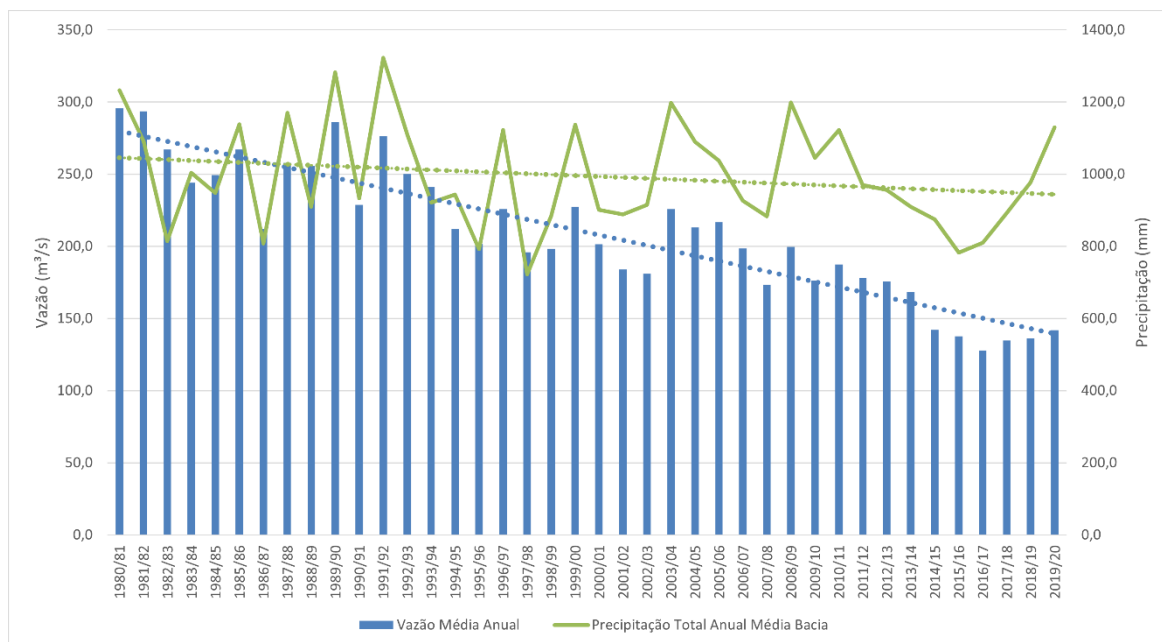


Figura 12 – Precipitações totais anuais e vazões médias anuais para a bacia do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

Os resultados confirmam a tendência de redução das vazões apresentada em trabalhos anteriores. Gonçalves, Engelbrecht & Chang (2018) constataram que, desde o início da expansão agrícola, na década de 1980, as bacias da região oeste da Bahia apresentam reduções significativas nas suas vazões. Pousa *et al.* (2019) associam essa diminuição com as variações climáticas que alteraram o regime de chuvas. Já Silva *et al.* (2021) afirmam que apesar da variação do regime de precipitações, esta não seria suficiente para justificar e aponta as alterações no uso e ocupação do solo como principal fator.

Dionízio & Costa (2019) e Eger *et al.* (2021) verificaram redução da infiltração da água no solo em áreas de ocupação agrícola, fator que pode influenciar no regime hídrico da região.

Na Tabela 3 estão apresentadas as variáveis do balanço hídrico da bacia, bem como o coeficiente de escoamento de longo prazo, para todos os anos hidrológicos da série analisada.

Tabela 3: Variáveis do balanço hídrico e coeficiente de escoamento para a bacia do rio Corrente, no período de 1980-1981 a 2019-2020.

Ano Hidrológico	Precipitação (mm·ano⁻¹)	Escoamento (mm·ano⁻¹)	Evapotranspiração (mm·ano⁻¹)	Coeficiente de Escoamento
1980-1981	273,2	959,2	1232,4	0,22
1981-1982	271,3	820,9	1092,1	0,25
1982-1983	246,6	567,7	814,3	0,30
1983-1984	225,5	778,3	1003,8	0,22
1984-1985	230,3	717,8	948,1	0,24
1985-1986	246,8	891,0	1137,8	0,22
1986-1987	196,0	611,6	807,6	0,24
1987-1988	238,2	931,8	1170,0	0,20
1988-1989	236,2	673,8	910,0	0,26
1989-1990	264,4	1018,2	1282,5	0,21
1990-1991	211,4	721,2	932,5	0,23
1991-1992	255,4	1067,4	1322,8	0,19
1992-1993	231,1	878,9	1110,1	0,21
1993-1994	222,8	698,1	921,0	0,24
1994-1995	195,9	748,0	943,9	0,21
1995-1996	186,4	606,2	792,6	0,24
1996-1997	208,6	914,1	1122,7	0,19
1997-1998	181,0	540,9	722,0	0,25
1998-1999	183,1	701,4	884,5	0,21
1999-2000	210,0	926,9	1136,9	0,18
2000-2001	186,1	715,5	901,6	0,21
2001-2002	169,9	718,9	888,8	0,19
2002-2003	167,2	747,6	914,8	0,18
2003-2004	208,6	988,7	1197,3	0,17
2004-2005	196,7	892,7	1089,5	0,18
2005-2006	200,3	837,0	1037,3	0,19
2006-2007	183,4	743,1	926,5	0,20
2007-2008	160,2	723,2	883,4	0,18
2008-2009	184,3	1014,5	1198,8	0,15
2009-2010	162,9	882,3	1045,2	0,16
2010-2011	173,2	948,9	1122,1	0,15
2011-2012	164,5	805,6	970,1	0,17
2012-2013	162,4	794,2	956,6	0,17
2013-2014	155,6	753,8	909,4	0,17
2014-2015	131,3	743,2	874,5	0,15

2015-2016	127,2	655,2	782,4	0,16
2016-2017	118,2	692,3	810,5	0,15
2017-2018	124,4	767,1	891,4	0,14
2018-2019	126,0	851,9	977,9	0,13
2019-2020	131,0	999,3	1130,3	0,12
Média	193,7	801,2	994,9	0,20

Para o período estudado, a precipitação média anual da bacia foi de $995 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$, o escoamento médio anual foi de $194 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ e a evapotranspiração, $801 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$. O coeficiente de escoamento médio foi de 0,20, o que significa que, em média, 20% da precipitação sobre a área da bacia foi convertida vazão no exutório no período analisado.

No decorrer do período, é possível notar a diminuição do escoamento e do coeficiente de escoamento da bacia. Verifica-se também, mas de forma proporcionalmente menos expressiva, uma redução da precipitação. Segundo Kayser (2019), a redução do regime pluviométrico ao longo do tempo relaciona-se diretamente com o aumento da evapotranspiração. Esse aumento pode ser comprovado pela redução do coeficiente de escoamento da bacia do rio Corrente, indicando que a proporção da água das chuvas que se converte em vazão diminuiu ao longo das últimas quatro décadas.

Na Figura 13 está demonstrado, graficamente, o comportamento das variáveis do balanço hídrico e suas linhas de tendência. A precipitação e o escoamento apresentaram tendência de redução, e esta foi mais acentuada nos dados de escoamento, tanto em valores relativos quanto em valores absolutos. Como esperado, com base na equação (1), a maior redução no escoamento provocou um aumento gradativo na evapotranspiração no decorrer do período analisado. O comportamento dessas variáveis explica a redução no coeficiente de escoamento de longo prazo da bacia, que é fortemente influenciado pela redução no escoamento.

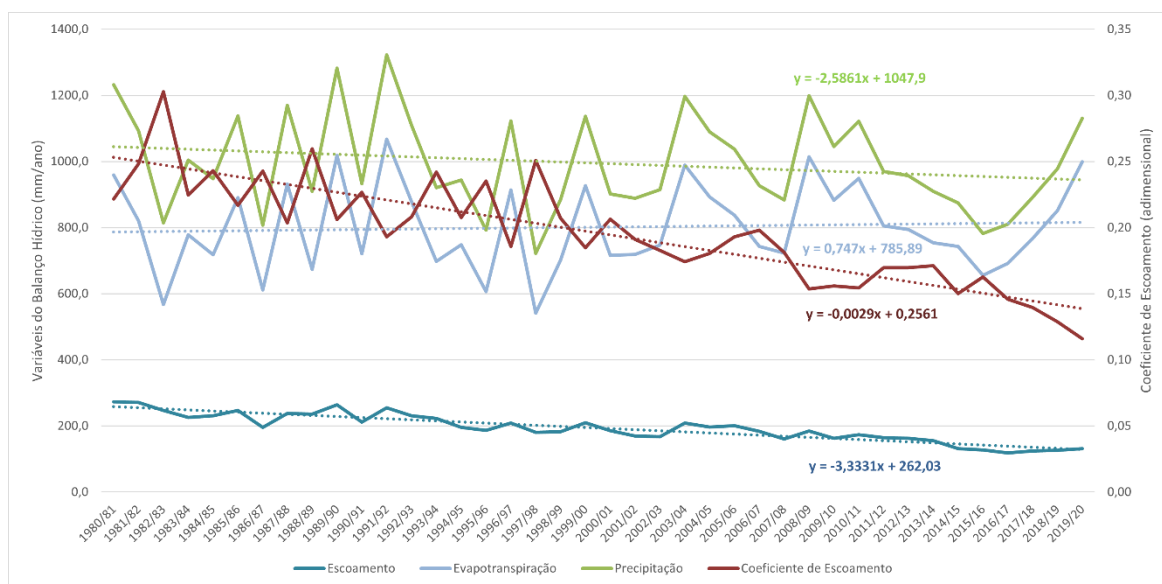


Figura 13 – Comportamento das variáveis do balanço hídrico e coeficiente de escoamento para a bacia do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

Realizando-se uma análise das linhas de tendência ajustadas aos dados das variáveis do balanço hídrico, que representam a sua variação média, verifica-se que houve, no decorrer dos 40 anos hidrológicos estudados, uma redução de 100,86 mm na precipitação total anual média da bacia, e uma redução de 129,99 mm no escoamento no exutório da bacia. Por outro lado, a evapotranspiração aumentou 29,13 mm no decorrer do período avaliado, enquanto o coeficiente de escoamento de longo prazo diminuiu de 0,2532 para 0,1401, indicando que a conversão de precipitação na bacia em vazão no exutório, em termos proporcionais, diminuiu de maneira considerável.

Em termos absolutos, no período avaliado a redução no escoamento excedeu em 29,13 mm a redução na precipitação, indicando que mesmo que toda a redução da precipitação tenha sido assimilada pela redução no escoamento, sem impacto sobre a evapotranspiração, ainda restam quase 30 mm de redução no escoamento que podem ser atribuídos a outras causas, como o aumento nas vazões efetivamente consumidas na bacia ou alterações no regime hidrológico.

4.2 SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTOS

Na Figura 14 estão presentes os dados mensais médios dos escoamentos de base e superficial em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e a precipitação média mensal em mm, para a seção correspondente à estação Porto Novo, código 45960001, localizada a aproximadamente 52 km do exutório da

bacia. Como esperado, o escoamento superficial reduz-se nos meses de menor precipitação, chegando a $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no mês de julho, no qual a precipitação média mensal foi de 1,0 mm no período avaliado. Para o escoamento de base, o mês de menor contribuição foi setembro, com $144,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dezembro foi o mês que apresentou os maiores valores para precipitação e vazão superficial. Enquanto a precipitação média foi de 212,2 mm, o fluxo superficial atingiu $33,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. O maior valor para contribuição de base foi no mês de janeiro, com $209,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

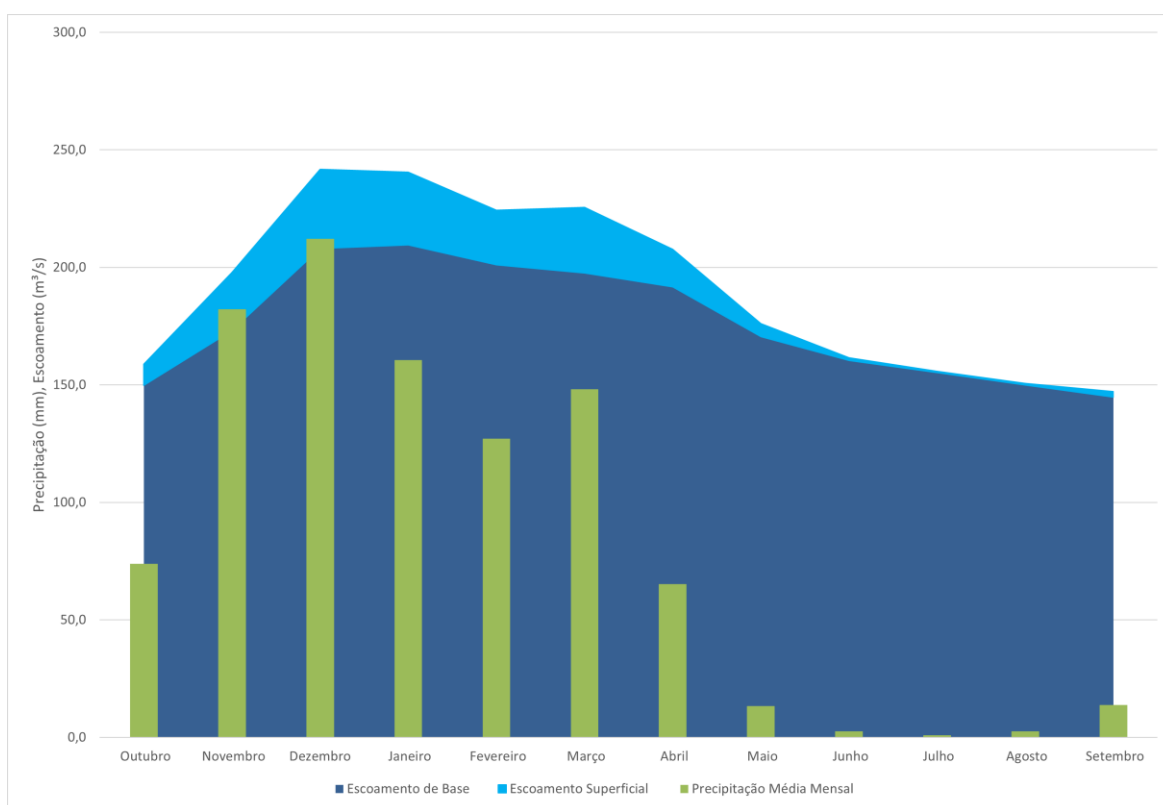


Figura 14 – Precipitações e vazões médias de base e superficial mensais para a bacia do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

Para o período entre 1980-1981 e 2019-2020, constatou-se que 92% do escoamento da bacia ocorre por contribuição do fluxo de base, sendo coerente com valores encontrados para a bacia em outros trabalhos. Gaspar (2006) verificou que a contribuição do fluxo de base foi de 93% entre os anos de 1975 a 2005. Avaliando um período maior, entre 1977 e 2015, Gonçalves, Engelbrecht & Chang (2018) obtiveram a uma contribuição de 95% do fluxo de base em relação ao escoamento total. Isso reforça a grande importância da permeabilidade do Sistema Aquífero Urucuaia para a manutenção das vazões do rio Corrente durante o período seco.

Comparando o primeiro e o último ano do período, ocorreu uma redução de 47% no escoamento de base e de 55% no escoamento superficial. Essas reduções podem ser observadas nas linhas de tendência apresentadas na Figura 15. Para todo o período, a contribuição média do fluxo de base para a bacia foi de $175,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e do superficial, de $14,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

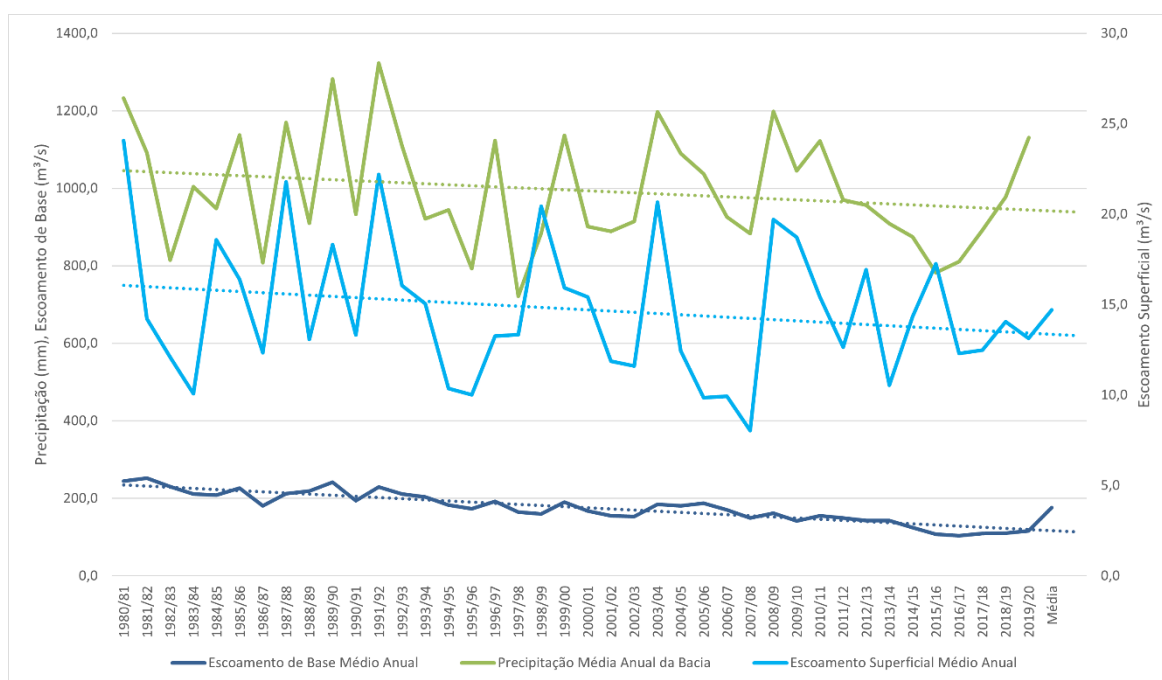


Figura 15 – Precipitações e vazões médias de base e superficial anuais para a bacia do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

Avaliando o fluxo de base da bacia do rio Corrente para diferentes séries históricas, Gonçalves, Engelbrecht & Chang (2018) verificaram a queda das vazões ocorre de forma proeminente e contínua desde a década de 1980 e ainda afirmam que valores baixos de vazão, como os que ocorrem atualmente, não foram observados em nenhum momento passado da bacia. Os autores ainda apontam que o principal motivo para essas reduções pode estar associado ao crescimento das atividades antrópicas que fazem uso dos recursos hídricos, em toda a região Oeste da Bahia.

4.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As Figuras 16, 17, 18 e 19 apresentam a progressão do uso e ocupação do solo na área da bacia do rio Corrente. No decorrer das décadas, é possível notar que houve um

aumento expressivo nas áreas destinadas aos cultivos agrícolas e, consequentemente, redução nas áreas de vegetação nativa. Ainda, é possível notar que essa alteração ocorreu principalmente na porção mais a oeste da bacia, que apresenta relevo predominantemente plano, facilitando a mecanização agrícola. Também é possível perceber o crescimento acentuado das áreas irrigadas, praticamente inexistentes até o início da década de 1990. As alterações no uso e ocupação do solo para os demais anos estão apresentadas no Apêndice D.

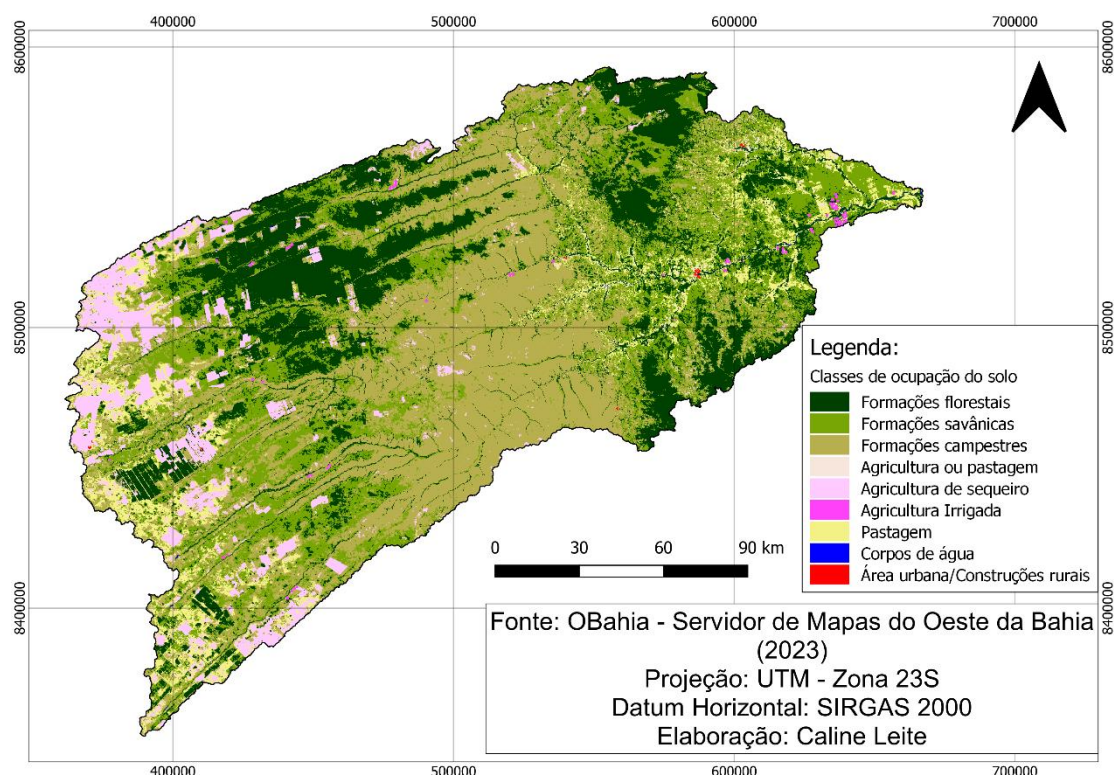


Figura 16 – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1990.

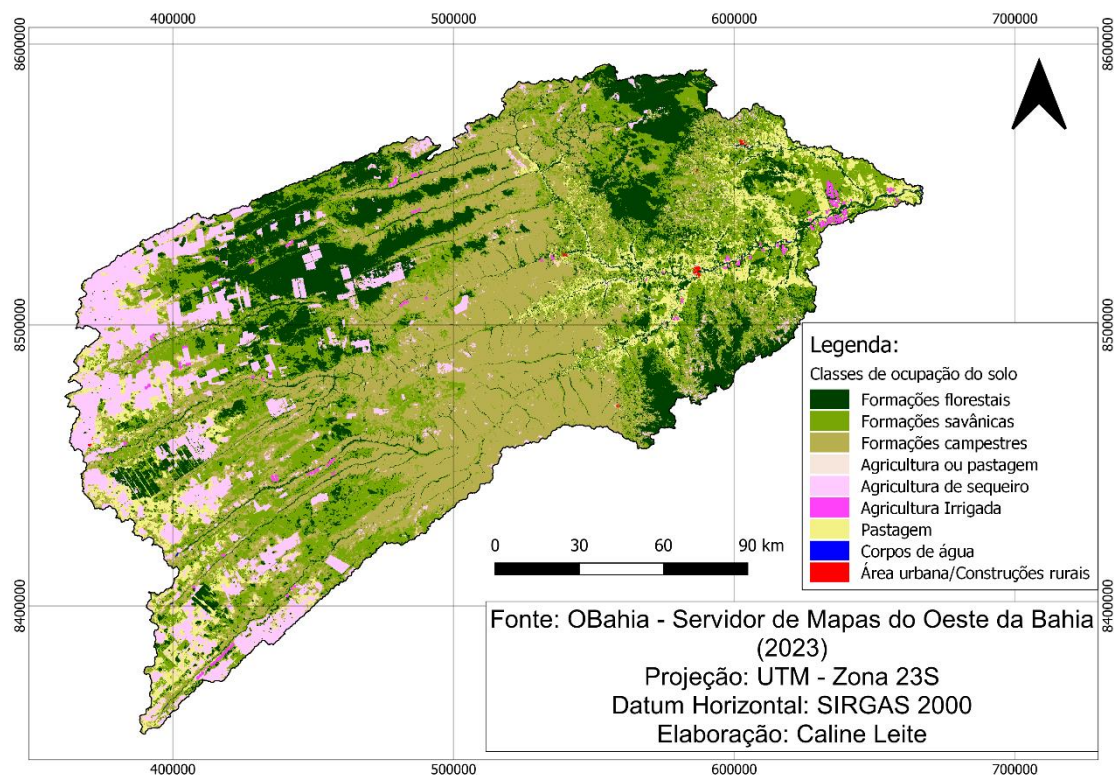


Figura 17 – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2000.

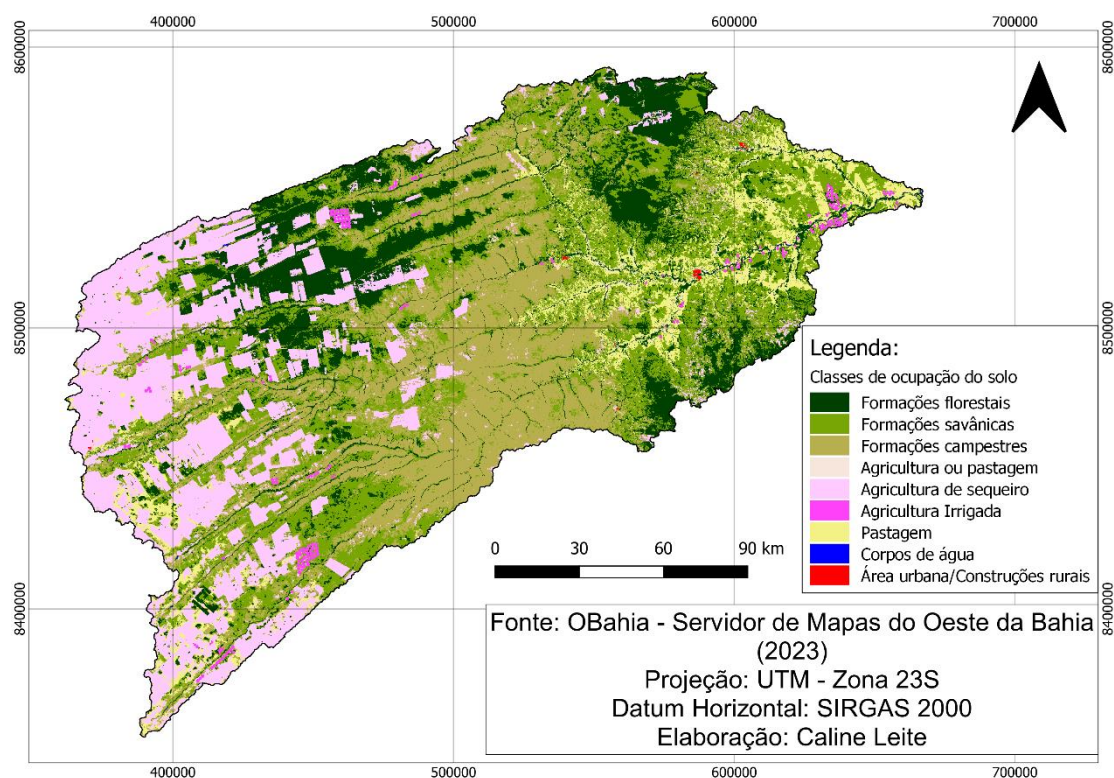


Figura 18 – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2010.

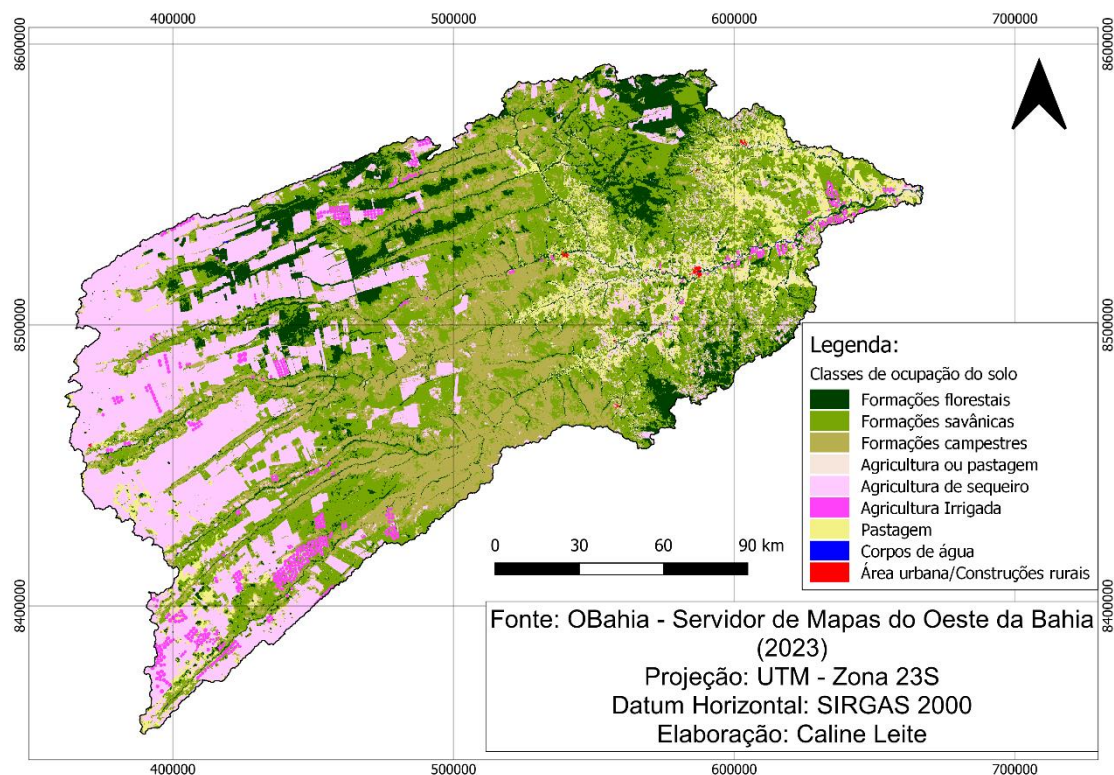


Figura 19 – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2020.

As classes de uso e ocupação do solo sobre a bacia do rio Corrente, no geral, apresentaram evolução positiva. Apenas as categorias de pastagem, formações campestres e formações florestais apresentaram redução nas áreas entre 1990 e 2020, sendo de 14, 49 e 50%, respectivamente. A alteração mais expressiva foi para a área de agricultura irrigada. No ano de 1990, esta ocupava uma área de 64,36 km². Já em 2020, a área total dessa mesma categoria chegou a 651,14 km², representando um aumento relativo de 912%. Na Tabela 1-E do apêndice E, estão apresentados os valores anuais da área, em km², de cada uma das categorias de uso e ocupação do solo no período de análise.

Na Figura 20 está apresentada a progressão do uso do solo ao longo dos anos, no período entre 1990 e 2020. Dessa forma, fica evidente o avanço inversamente proporcional entre as classes de vegetação nativa e áreas de agropecuária. Apesar de ter ocorrido também o aumento da área urbana, em relação a área total da bacia, em termos absolutos esse aumento não representou uma alteração expressiva.

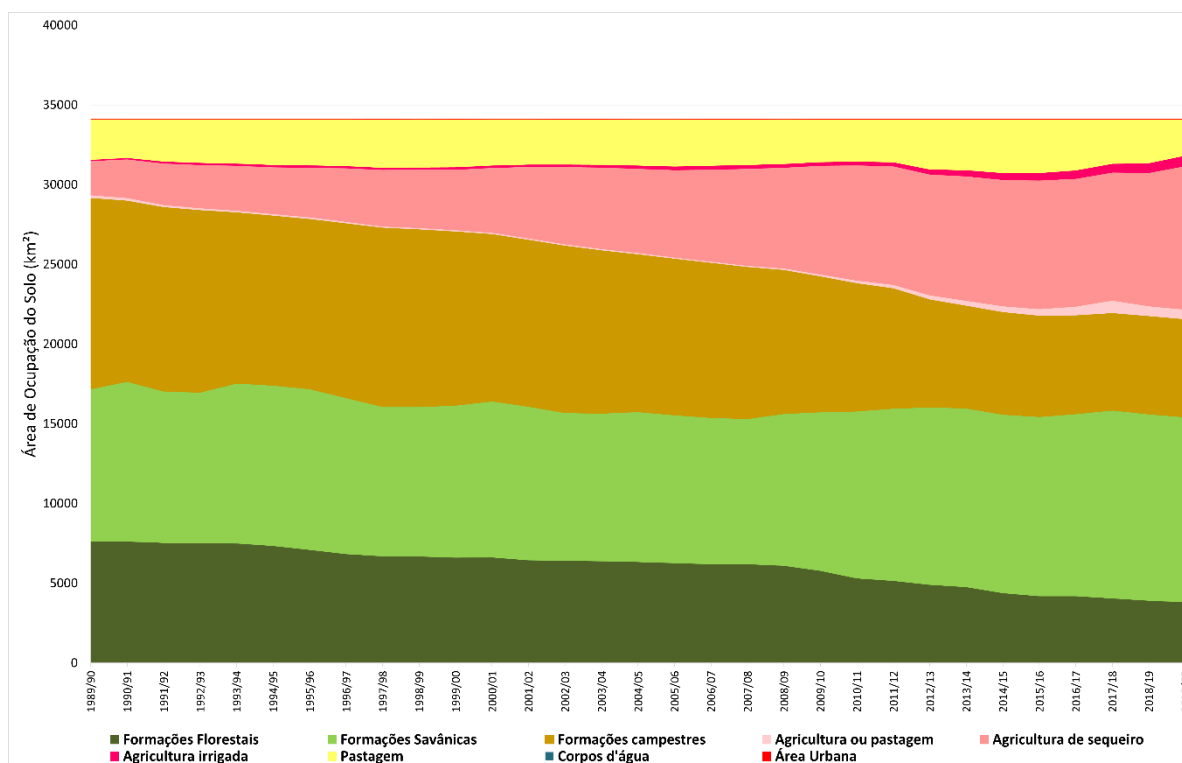


Figura 20 – Evolução do uso e ocupação do solo na bacia do rio Corrente para o período de 1990 a 2020.

4.4 CORRELAÇÃO ENTRE OCUPAÇÃO DO SOLO E VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Avaliando as alterações do uso e ocupação do solo e as variáveis hidrológicas da bacia para o período de 1990 a 2020, foi possível estabelecer correlações, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Correlação de Spearman entre os dados de uso e ocupação do solo e variáveis hidrológicas para a bacia do rio Corrente, no período de 1990 a 2020.

Variáveis	Vazão de Base Anual	Vazão Superficial Anual	Precipitação Total Anual
Escoamento de Base Médio Anual	-	0.169 ^{ns}	0.479 ^{**}
Escoamento Superficial Médio Anual	0.169 ^{ns}	-	0.424 ^{**}
Precipitação Total Média Anual	0.479 ^{**}	0.424 ^{**}	-
Formações Florestais	0.901 ^{**}	0.156 ^{ns}	0.188 ^{ns}
Formações Savânicas	-0.578 ^{**}	-0.004 ^{ns}	-0.183 ^{ns}
Formações campestres	0.883 ^{**}	0.221 ^{ns}	0.220 ^{ns}
Áreas de vegetação nativa	0.905 ^{**}	0.145 ^{ns}	0.201 ^{ns}
Agricultura ou pastagem	-0.473 ^{**}	0.210 ^{ns}	0.027 ^{ns}
Agricultura de sequeiro	-0.904 ^{ns}	-0.144 ^{ns}	-0.199 ^{ns}

Agricultura irrigada	-0.873 ^{**}	-0.228 ^{ns}	-0.187 ^{ns}
Áreas de agricultura	-0.904 ^{**}	-0.156 ^{ns}	-0.195 ^{ns}
Pastagem	-0.264 ^{ns}	-0.176 ^{ns}	-0.554 [*]
Áreas de agropecuária	-0.905 ^{**}	-0.145 ^{ns}	-0.201 ^{ns}
Corpos d'água	-0.403 [*]	-0.092 ^{ns}	0.220 ^{ns}
Área Urbana	-0.712 ^{**}	-0.213 ^{ns}	-0.227 ^{ns}

Legenda: ^{ns}: não significativo; ^{*}: significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ^{**}: significativo em nível de 1% de probabilidade de erro.

Pela Tabela 3, observa-se que não foram encontradas correlações fortes entre a precipitação e as classes de uso e ocupação do solo avaliadas. Esse comportamento demonstra que a precipitação na bacia do rio Corrente é pouco influenciada pelas alterações no uso e ocupação do solo, o que está de acordo com as observações de Tucci e Clarke (1997) de que, quando a precipitação local é dependente principalmente dos movimentos de massas de ar globais, o efeito da alteração da cobertura vegetal sobre a precipitação é mínimo.

Os coeficientes de correlação de Spearman entre a precipitação e os escoamentos de base e superficial foram de 0,479 e 0,424, respectivamente, o que demonstra uma correlação positiva fraca. Possivelmente, esses resultados foram influenciados pela sazonalidade das precipitações totais anuais, cujas variações são mais significativas do que as variações no escoamento.

Em relação ao escoamento de base, as correlações entre as formas de vegetação nativa da bacia foram todas positivas fortes, exceto para as formações savânicas, que apresentaram coeficiente de correlação de Spearman de -0,578. A correlação negativa se explica pelo aumento nas áreas de formações savânicas na bacia para o período estudado. Esse aumento pode estar relacionado à redução nos valores precipitados, que podem estar influenciando na conversão das formações florestais em formações savânicas (RODRIGUES, *et al.*, 2006). Apesar disso, quando se consideram todas as classes de vegetação nativa, a sua redução nas últimas 3 décadas é expressiva, e sua correlação com o escoamento de base é positiva forte, com coeficiente de correlação de Spearman de 0,905.

Os parâmetros de alteração por origem antrópica apresentaram correlações negativas fortes, com exceção das modalidades associadas à atividade de pastagem. Por outro lado, todas as categorias de ocupação apresentam fracas e não significativas correlações com o escoamento superficial. Como houve redução do escoamento superficial, isso pode indicar que a substituição de áreas de vegetação nativa por áreas agrícolas não ocasionou

compactação dos solos suficiente para afetar a sua capacidade de infiltração e, consequentemente, aumentar o escoamento superficial nas áreas alteradas.

Eger *et al.* (2021) avaliando a recarga do Sistema Aquífero Urucuia sobre o contexto da expansão agrícola na região oeste da Bahia, verificaram que a redução na capacidade de infiltração em áreas agrícolas, em comparação com áreas de vegetação nativa variou entre 176% e 1127%. No entanto, mesmo com a redução da sua capacidade de infiltração em relação aos solos do cerrado, este parâmetro ainda apresenta altos valores nas áreas alteradas, atingindo uma média de $198 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ no período chuvoso e $154 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ durante a estação seca (EGER *et al.*, 2021).

Dessa forma, mesmo com a alteração das propriedades drenantes do solo, a capacidade de infiltração ainda se encontra em patamares suficientes para, em geral, absorver os valores precipitados mesmo para chuvas intensas. Sendo assim, alteração na capacidade de infiltração do solo não seria suficiente para justificar a redução do regime de escoamento de base, ou seja, não há compactação suficiente para a diminuição da recarga dos aquíferos. Se fosse o caso, haveria o aumento do escoamento superficial.

Em 2020 a ocupação de área irrigada da bacia foi da ordem de 650 km^2 . As imagens do início da década de 1990 indicam que essa área era de cerca de 60 km^2 , e considerando que a agricultura de larga escala começou a se desenvolver na região Oeste da Bahia a partir do início da década de 1980, é de se esperar que em 1980 a área irrigada na bacia do rio Corrente fosse desprezível. Assim, pode-se considerar que a área irrigada na bacia, entre 1980 e 2020, aumentou cerca de 650 km^2 . Por outro lado, com base na análise das tendências das variáveis do balanço hídrico (Figura 15), enquanto os totais precipitados reduziram-se em aproximadamente 100 mm no decorrer desse período, os totais escoados reduziram-se aproximadamente 130 mm, indicando que outros fatores estão contribuindo para a redução do escoamento. A irrigação no período seco pode ser um dos fatores mais significativos, visto que nas áreas nativas há pouca água disponível no solo para evapotranspiração, mas nas áreas irrigadas o solo é mantido próximo à capacidade de campo, havendo água em abundância, o que estimula o aumento da evapotranspiração real.

De fato, o aumento na evapotranspiração na bacia foi de 29,13 mm no decorrer das últimas quatro décadas, que corresponde à parcela de redução no escoamento não explicada pela redução da precipitação. Esse valor corresponde a uma redução na vazão do rio Corrente da ordem de $31,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, o que corresponde à 16,5% da vazão média da bacia no período de 1980-1981 a 2019-2020. Ainda, o valor da evapotranspiração corresponde a uma lâmina d'água média evapotranspirada de 1.530 mm distribuída sobre uma área de 650 km^2 ,

o que indicaria um consumo médio da ordem de 7 mm dia⁻¹, durante 218 dias por ano, nas áreas irrigadas.

Segundo a Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (AIBA, 2023), os principais cultivos da região oeste são a soja, o algodão e o milho. Carvalho *et al.* (2013) apresentaram que o consumo dessas culturas varia entre 450 e 850 mm por ciclo. Considerando o tamanho da área irrigada, a baixa correlação entre os dados de precipitação e vazões e ainda o coeficiente de escoamento médio de 14% ao final da série histórica analisada, não é possível apontar a redução das chuvas como único fator responsável pela alteração do regime de vazões na bacia.

O aspecto que pode ser então apontado como um dos mais relevantes para a alteração no regime de vazões da bacia é a alta vazão retirada para o abastecimento das culturas agrícolas durante o período de estiagem. Conforme a área cultivada aumenta, maior é a demanda por recursos hídricos, e isso pode justificar a forte correlação negativa entre o escoamento de base e a área irrigada na bacia.

No entanto, vale ressaltar a necessidade de avaliar as áreas ocupadas para cada cultura dentro da bacia, como também a lâmina diária irrigada e a quantidade de dias do ano em que ocorre a irrigação. Com essas informações seria possível obter resultados mais precisos acerca da exploração de água na bacia do rio Corrente.

5. CONCLUSÕES

Entre outubro de 1980 e setembro de 2020, houve uma redução de 100,86 mm na precipitação total anual média da bacia do rio Corrente, 129,99 mm no escoamento no exutório da bacia e um aumento de 29,13 mm na evapotranspiração da bacia.

O fluxo de base do rio Corrente, para o período de 1980-1981 a 2019-2020, corresponde a 92% do total escoado na bacia do rio Corrente. Nesse período, ocorreu uma redução de 47% no escoamento de base e de 55% no escoamento superficial.

Houve intensa modificação do uso e ocupação do solo na porção oeste da área da bacia, onde houve substituição da vegetação nativa por áreas de agricultura. A área de agricultura irrigada teve um aumento de 912% entre 1990 e 2020 e a área de agricultura de sequeiro teve aumento de 319 % no mesmo período.

Apesar da forte correlação entre a redução dos escoamentos de base e aumento das áreas plantadas, não há indicativos de que as alterações na capacidade de infiltração dos

solos da bacia sejam responsáveis pela redução das vazões de base, pois o escoamento superficial também sofreu redução.

A redução no escoamento na bacia foi superior à redução da precipitação, em valores absolutos, entre 1980 e 2020, denotando que outros fatores estão contribuindo para a redução das vazões da bacia, havendo uma forte correlação negativa entre o escoamento de base e as áreas agrícolas na bacia.

Considerando a forte correlação negativa entre o escoamento de base e as áreas irrigadas na bacia, bem como o aumento da evapotranspiração anual em 29,13 mm entre 1980 e 2020, verifica-se que o aumento das áreas de monocultura irrigadas pode estar contribuindo para a redução dos dados fluviométricos na bacia do rio Corrente.

6. REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. 2020. Disponível em: < <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua> >. Acesso em 16 out 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas. **HidroWeb**. Disponível em: < <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa> >. Acesso em 16 jan 2023.

AIBA – Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. **Principais Culturas**. Disponível em: < <https://aiba.org.br/principais-culturas/> >. Acesso em: 14 jun 2023.

ALVES SOBRINHO, T. *et al.* **Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM**. Engenharia Agrícola, v. 30, p. 46-57, 2010.

ARAÚJO, B. A. M. *et al.* **Análise do tempo de concentração em função das características fisiográficas em bacias urbanas**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 1-18, 2011.

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. 2002.

BERTONI, J. C; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2000.

CARVALHO, I. R. *et al.* **Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo**. Enciclopédia Biosfera, v. 9, n. 17, 2013.

CHAVES, H. M. L. *et al.* **Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 3, p. 43-51, 2002.

COELHO, V. H. R. *et al.* **Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, p. 64-72, 2014.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 1, p. 336, 2013.

- DA SILVA, L. P. **Hidrologia: engenharia e meio ambiente**. Elsevier, 2015.
- DANIELESCU, S.; MACQUARRIE, K. T. B; POPA, A. **SEPHYDRO: A Customizable Online Tool for Hydrograph Separation**. Groundwater, v. 56, n. 4, p. 589-593, 2018.
- DE AMORIM, E. L. C.; NETTO, A. P. O.; MARIO, E. **Estudo de métodos para regionalização de vazão**. Sl: sn, 2005.
- DE JESUS, T. C.; DA SILVA, H. M.; LEAL, L. R. B. **Vulnerabilidade do aquífero cárstico bambuí, bacia hidrográfica do baixo rio corrente, oeste da Bahia: aplicação dos métodos pi e cop**. Águas Subterrâneas, 2018.
- DIONIZIO, E. A.; COSTA, M. H. **Influence of Land Use and Land Cover on Hydraulic and Physical Soil Properties at the Cerrado Agricultural Frontier**. Agri 9.1: 24. 2019.
- DIONIZIO, E. A. *et al.* **Carbon stocks and dynamics of different land uses on the Cerrado agricultural frontier**. Plos one, v. 15, n. 11, p. e0241637, 2020.
- EGER, G. Z. S. *et al.* Recharge assessment in the context of expanding agricultural activity: Urucuia Aquifer System, western state of Bahia, Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 112, n. 1, 2021.
- ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro. v. 1, 1985a.
- ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Manual de minicentraís hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 1985b.
- ENGELBRECHT, B. Z.; CHANG, H. K. **Simulação numérica do fluxo de águas do sistema aquífero urucuia na bacia hidrogeológica do Rio Corrente (BA)**. Águas Subterrâneas, v. 29, n. 2, p. 244-256, 2015.
- GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G. **O Sistema aquífero urucuia**. Brazilian Journal of Geology, v. 37, n. 4, p. 216-226, 2007.
- GONÇALVES, R. D.; ENGELBRECHT, B. Z.; CHANG, H. K. **Análise hidrológica de séries históricas da bacia do Rio Grande (BA): Contribuição do sistema aquífero urucuia**. Águas Subterrâneas, v. 30, n. 2, p. 190-208, 2016.

GONÇALVES, R. D. ENGELBRECHT, B. Z.; CHANG, H. K. **Evolução da contribuição do Sistema Aquífero Urucuia para o Rio São Francisco, Brasil.** *Águas Subterrâneas*, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2018.

HOLTZ, A. C. T. Precipitação. In: PINTO, NL de S. *et al.* **Hidrologia básica.** Editora Edgard Blucher, 2016.

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. CBH Corrente: Caracterização da Bacia. 2020. Disponível em: < <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-corrente/> >. Acesso em 10 out 2022.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET.** Disponível em: < <https://bdmep.inmet.gov.br/> >. Acesso em 06 fev 2023.

INSTITUTE OF HYDROLOGY. **Low Flow Studies report.** Institute of Hydrology, Wallingford, UK. 1980.

JÚNIOR, C. B.; BARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e recursos hídricos:** Aplicações práticas. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

KAYSER, R. H. B.; RUHOFF, A. L.; KICH, E. M. **Avaliação de séries temporais de evapotranspiração em bacia com intensa atividade agrícola no Sul do Brasil.** *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.* Porto Alegre: ABRH, 2019.

LAGE, C.; PEIXOTO, H.; VIEIRA, C. M. B. **Aspectos da vulnerabilidade ambiental na Bacia do Rio Corrente-BA.** *GeoTextos*, v. 4, 2008.

LECOMTE, K. L.; BICALHO, C. C.; SILVA-FILHO, E. V. **Geochemical characterization in karst basin tributaries of the San Franciscan depression: The Corrente River, western Bahia, NE-Brazil.** *Journal of South American Earth Sciences*, v. 69, p. 119-130, 2016.

LINSLEY JR, R. K.; KOHLER, M. A.; PAULHUS, J. L.H. **Hydrology for engineers.** 1975.

MANTOVANI, E. C. *et al.* **Estudo do Potencial Hídrico da Região Oeste da Bahia: Quantificação e Monitoramento da Disponibilidade dos Recursos do Aquífero Urucuia e Superficiais nas Bacias dos Rios Grande, Corrente e Carinhanha.** Viçosa, MG. Available online: <https://aiba.org.br/wp-content/uploads/2020/02/>, v. 20, n. 02, 2019.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. **Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso**. 2011.

MIRANDA, A. C. R. *et al.* **Métodos de separação dos escoamentos superficial direto e subterrâneo: Estudo de caso para a bacia do Rio das Velhas**. 2014.

MUGGLER, C. C., *et al.* **Características pedológicas de ambientes agrícolas nos chapadões do Rio Corrente, sudoeste da Bahia**. Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (1996).

OBAHIA. **Servidor de Mapas do Oeste da Bahia**. Disponível em: < <http://obahia.dea.ufv.br/maps/38> >. Acesso em: 02 fev 2023.

OLIVEIRA, R. S. *et al.* **Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil**. Functional Ecology, v. 19, n. 4, p. 574-581, 2005.

PASSOS, A. L. O; ROCHA, S. S.; HADLICH, G. M. **Evolução do uso do solo e agronegócio na região oeste do Estado da Bahia**. Cadernos de Geociências, v. 7, n. 1, 2010.

PETTYJOHN, W. A.; HENNING, R. **Preliminary estimate of ground-water recharge rates, related streamflow and water quality in Ohio**. Ohio State University Water Resources Center Project Completion Report, v. 552, 1979.

PIMENTA, F. M. *et al.* **Historical changes in land use and suitability for future agriculture expansion in Western Bahia, Brazil**. Remote Sensing, v. 13, n. 6, p. 1088, 2021.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. 2002.

POUSA, R. *et al.* **Climate change and intense irrigation growth in Western Bahia, Brazil: The urgent need for hydroclimatic monitoring**. Water, v. 11, n. 5, p. 933, 2019.

RIBEIRO, J. F. *et al.* **Ecologia e Flora**. 2008.

RODRIGUES, C. A. G. *et al.* **Relação entre os Cerrados e as queimadas no Parque Indígena de Tumucumaque (PA)**. 2006.

SEPHYDRO: Hydrograph Separation Tool. In: DANIELESCU, Serban. **SepHydro - Hydrograph Separation Tool**, 2021. Disponível em: <https://sephydro.hydrotools.tech/>. Acesso em: 1 maio 2023.

SILVA, A. L. da *et al.* **Water appropriation on the agricultural frontier in western Bahia and its contribution to streamflow reduction: revisiting the debate in the Brazilian Cerrado**. Water, v. 13, n. 8, p. 1054, 2021.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2000.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais**. Rbrh: revista brasileira de recursos hídricos. Porto Alegre, RS: ABRH. Vol. 10, n. 1 (jan./mar. 2005), p. 5-23, 2005.

SOLOS, Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª edição. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, v. 5, 2018.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2000.

TUCCI, C. E. M; BELTRAME L. F. S. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2000.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. **Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão**. Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. vol. 2, n. 1 (jun. 1997), p. 135-152, 1997.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014.

ZWILLINGER, D. & KOKOSKA, S. (2000). **CRC Standard Probability and Statistics Tables and Formulae**. Chapman & Hall: New York. 2000.

APÊNDICE A

Tabela 1-A: Estações auxiliares para preenchimento de dados de chuva.

Código	Latitude	Longitude	Nome da Estação
83332	-14.0892	-46.3667	Posse
945011	-9.1131	-45.9261	Alto Parnaíba
946003	-9.5972	-46.6728	Lizarda
947001	-9.4575	-47.3269	Mansinha
1042012	-10.9864	-42.3422	Rio Verde II
1047000	-9.9906	-47.4786	Jatobá (Fazenda Boa Nova)
1047001	-9.9606	-47.6747	Novo Acordo
1142017	-11.3286	-42.3050	Fazenda Cabaceiras
1142020	-11.3561	-42.2736	Fazenda Refrigério - Jusante
1143002	-11.5633	-43.2753	Morpará
1143010	-11.3553	-43.8456	Boqueirão
1144005	-11.6139	-44.1575	Fazenda Macambira
1144014	-11.9794	-44.8772	São Sebastião
1144027	-11.0061	-44.5256	Ibipetuba
1145001	-11.0478	-45.2019	Formosa do Rio Preto
1145004	-10.9925	-45.5267	Fazenda Bom Jardim
1145013	-11.8961	-45.6119	Ponte Serafim - Montante
1145014	-11.8525	-45.1222	Nova Vida - Montante
1145019	-11.5119	-45.0419	Cariparé
1146000	-11.6253	-46.8106	Dianópolis
1147000	-11.5789	-47.1739	Almas
1147001	-11.6969	-47.7283	Natividade
1147002	-11.1403	-47.5767	Pindorama do Tocantins
1147003	-11.6100	-47.0450	Porto Alegre
1242015	-12.0036	-42.6283	Brotas de Macaúbas
1242016	-12.2519	-42.7628	Ponte BR-242
1243000	-12.8669	-43.3814	Gameleira
1243011	-12.1806	-43.2233	Ibotirama
1243019	-12.7692	-43.9575	Serra Dourada (Faz. Muritiba)
1244011	-11.1544	-45.0092	Barreiras
1244019	-12.3892	-44.9322	Fazenda Coqueiro
1245004	-12.1347	-45.1042	Fazenda Redenção
1245005	-12.4114	-45.1203	Derocal
1245007	-12.4306	-45.0858	Sítio Grande
1245014	-12.1256	-45.8108	Fazenda Johá
1246000	-12.0908	-46.4794	Ponte Alta do Bom Jesus
1246001	-12.7139	-46.4086	Aurora do Norte
1247000	-12.2325	-47.3244	Conceição do Tocantins
1247002	-12.4156	-47.1997	Rio da Palma (Faz. Chuva Manga)
1343008	-13.2925	-43.9092	Porto Novo

1344002	-13.2778	-44.5589	Mocambo
1344013	-13.7106	-44.6325	Gatos
1344014	-13.3364	-44.6522	Correntina
1344015	-13.5667	-44.3061	Colônia do Formoso
1344016	-13.4508	-44.5656	Arrojado
1344017	-13.4006	-44.1975	Santa Maria da Vitória
1345000	-13.7342	-45.4033	Arrojolândia
1346000	-13.3975	-46.3158	São Domingos
1346001	-13.7425	-46.8775	Nova Roma (Faz.Sucuri)
1346002	-13.6858	-46.5656	Fazenda Ingazeiro
1346004	-13.0367	-46.7769	Campos Belos
1346005	-13.5508	-46.4672	São Vicente
1346006	-13.7519	-46.1400	Fazenda Planalto
1347000	-13.7969	-47.4617	Cavalcante
1347001	-13.4253	-47.1392	Ponte Paranã
1443001	-14.7567	-43.9322	Manga
1443002	-14.3044	-43.7681	Carinhanha
1443026	-14.2594	-43.1656	Palmas de Monte Alto
1444000	-14.3136	-44.4603	São Gonçalo
1444001	-14.4311	-44.4817	Capitânea
1444004	-14.2658	-44.1572	Juvenília
1444005	-14.2806	-44.4094	Lagoa Das Pedras
1444017	-14.2683	-44.5217	Fazenda Porto Alegre
1445000	-14.8361	-45.1733	Cajueiro
1446002	-14.0842	-46.3711	Posse
1447000	-14.1347	-47.5117	Alto Paraíso De Goiás
1447001	-14.4500	-47.0458	Flores De Goiás
1447002	-14.7072	-47.5236	São João D'aliança
1543002	-15.3411	-43.6753	Colônia do Jaíba
1543013	-15.7756	-43.2797	Janaúba
1544012	-15.9494	-44.8681	São Francisco
1544014	-15.9333	-44.0167	São João da Ponte
1544017	-15.5978	-44.3903	Pedras De Maria da Cruz
1544018	-15.0225	-44.0536	Fazenda Canadá
1544019	-15.9303	-44.0042	São João da Ponte
1546000	-15.9178	-46.1192	Arinos - Montante
1546005	-15.8008	-46.9247	Cabeceiras
1547001	-15.2161	-47.1569	Fazenda Santa Sé
1547002	-15.6431	-47.6508	Planaltina
1547003	-15.5489	-47.3381	Formosa
1547022	-15.7922	-47.4328	Rio Preto
1643020	-16.3222	-43.7150	Capitão Enéas
1645000	-16.3717	-45.0828	São Romão
1645002	-16.2817	-45.4142	Santo Inácio
1645005	-16.1336	-45.7422	Vila Urucuia

1645009	-16.6569	-45.0808	Cachoeira da Manteiga
1646001	-16.3514	-46.8897	Unai

Fonte: ANA (2023).

APÊNDICE B

Tabela 1-B: Grupos para a análise de consistência.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
83332	1344002	1343008	1243000
1345000	1344013	1344015	1244019
1346002	1344014	1344017	1245007
1346004	1344016	1444004	-
1346006	1444000	-	-
-	1444001	-	-
-	1444017	-	-
-	1445000	-	-

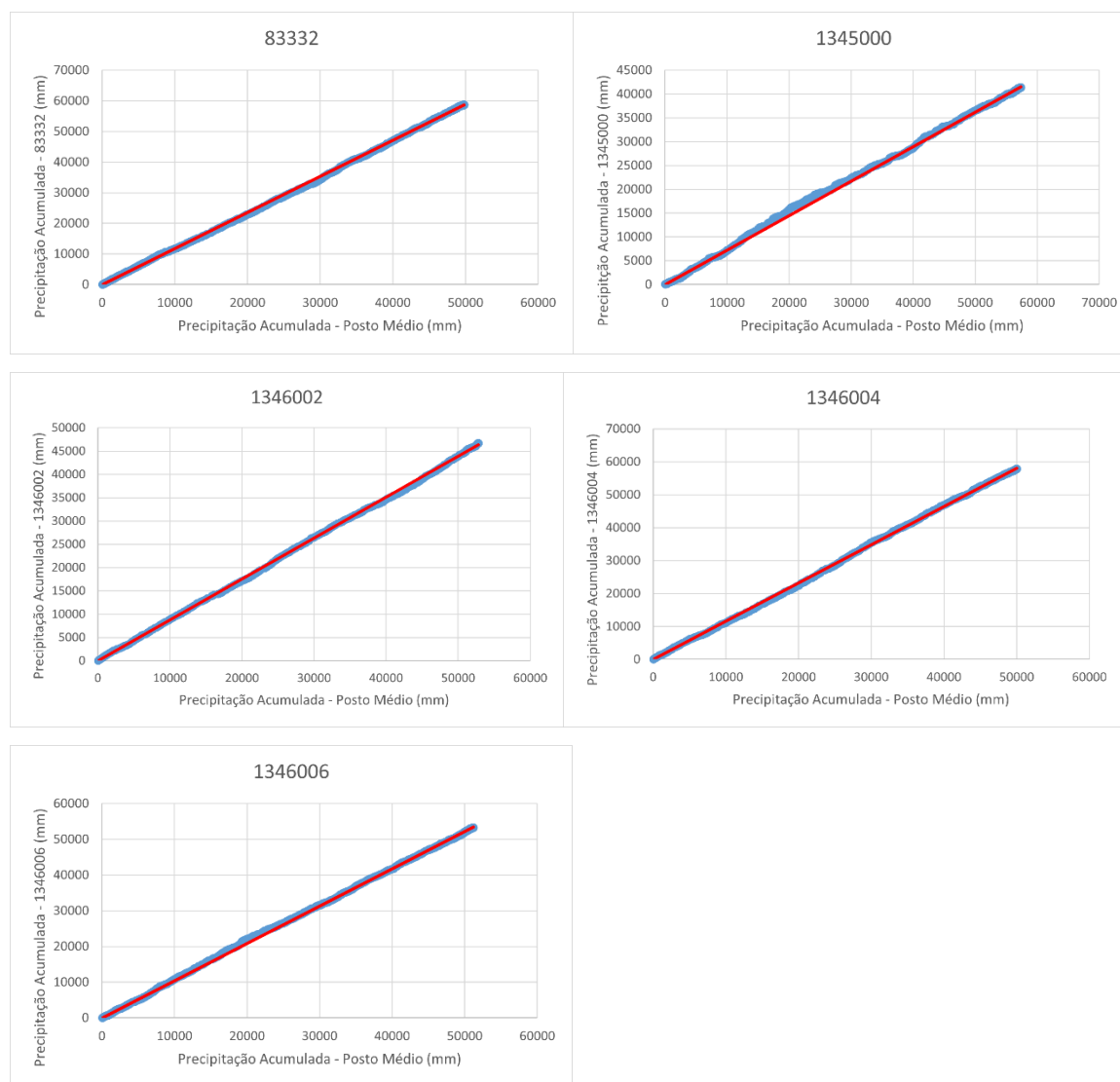


Figura 1-B – Verificação de consistência pelo teste da Dupla-Massa entre o Posto Médio Acumulado e cada uma das estações do Grupo 1.

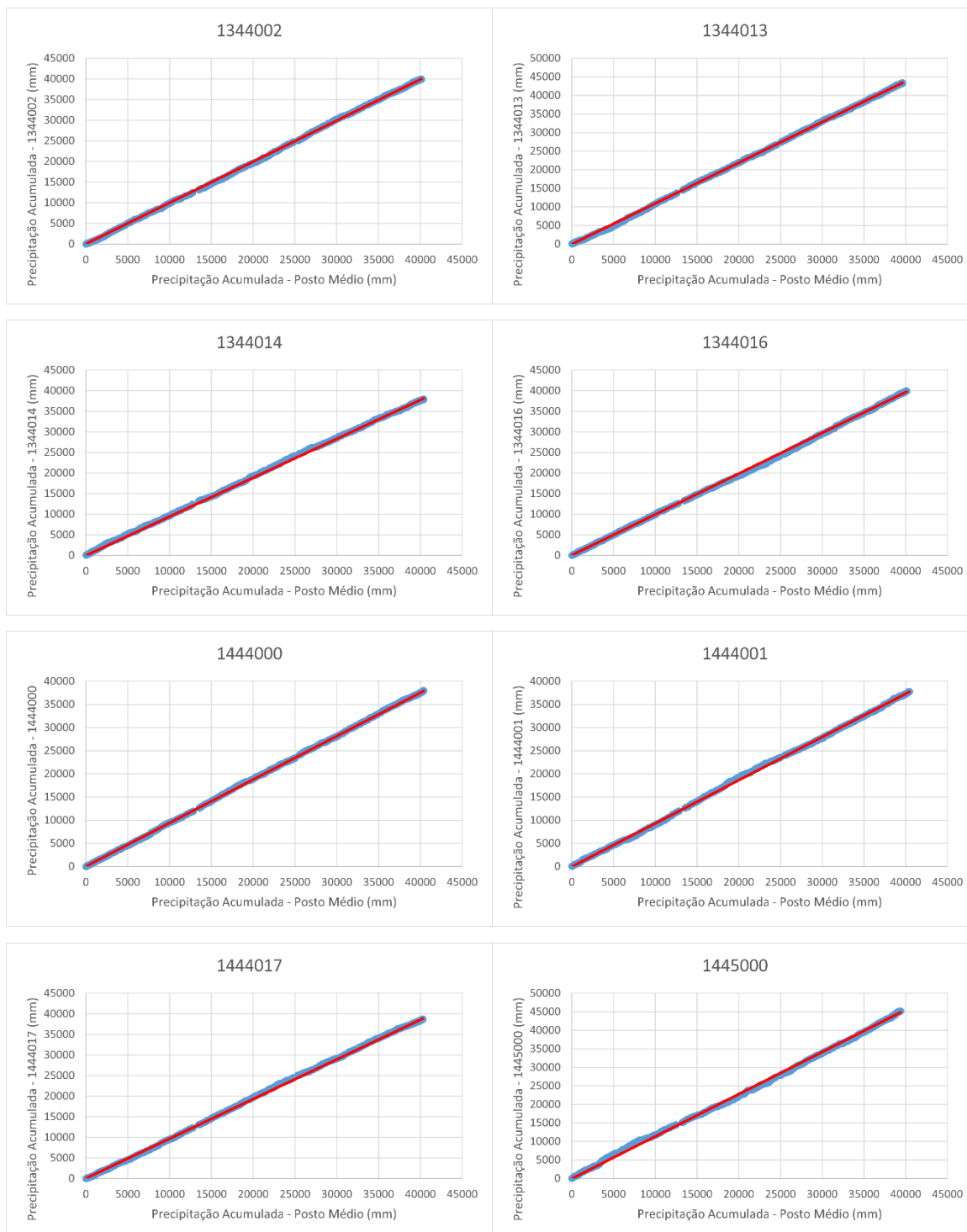


Figura 2-B – Verificação de consistência pelo teste da Dupla-Massa entre o Posto Médio Acumulado e cada uma das estações do Grupo 2.

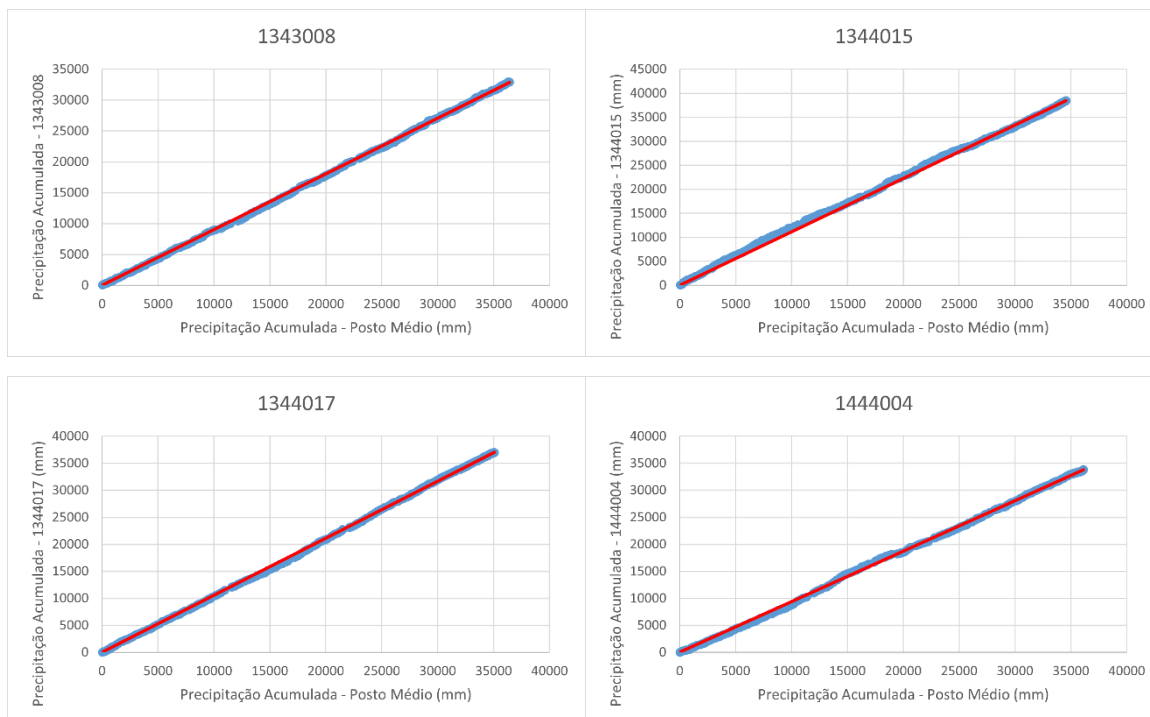


Figura 3-B – Verificação de consistência pelo teste da Dupla-Massa entre o Posto Médio Acumulado e cada uma das estações do Grupo 3.

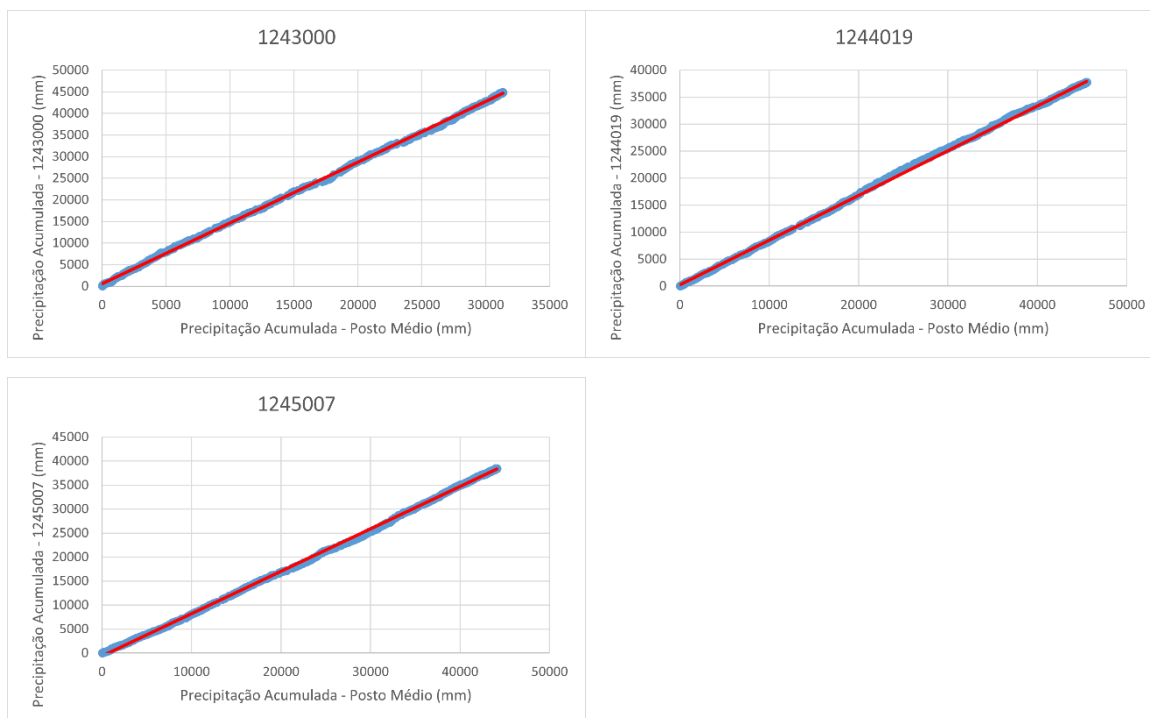


Figura 4-B – Verificação de consistência pelo teste da Dupla-Massa entre o Posto Médio Acumulado e cada uma das estações do Grupo 4.

APÊNDICE C

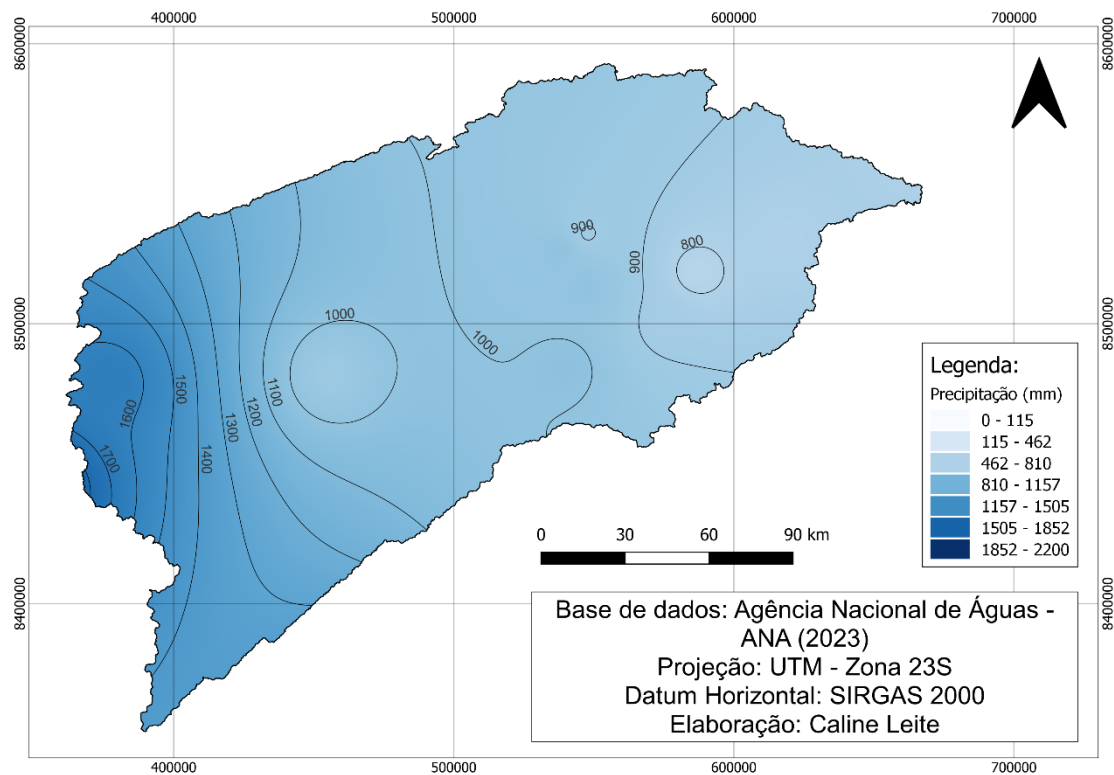


Figura 1-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1981-1982.

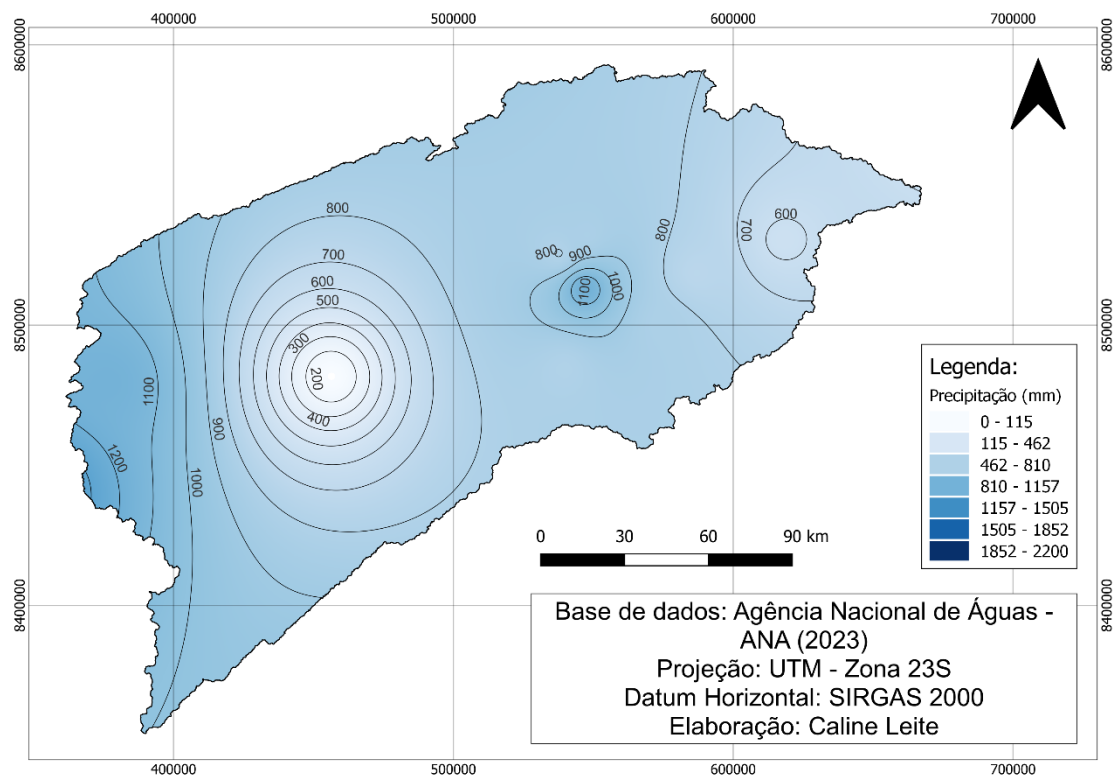


Figura 2-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1982-1983.

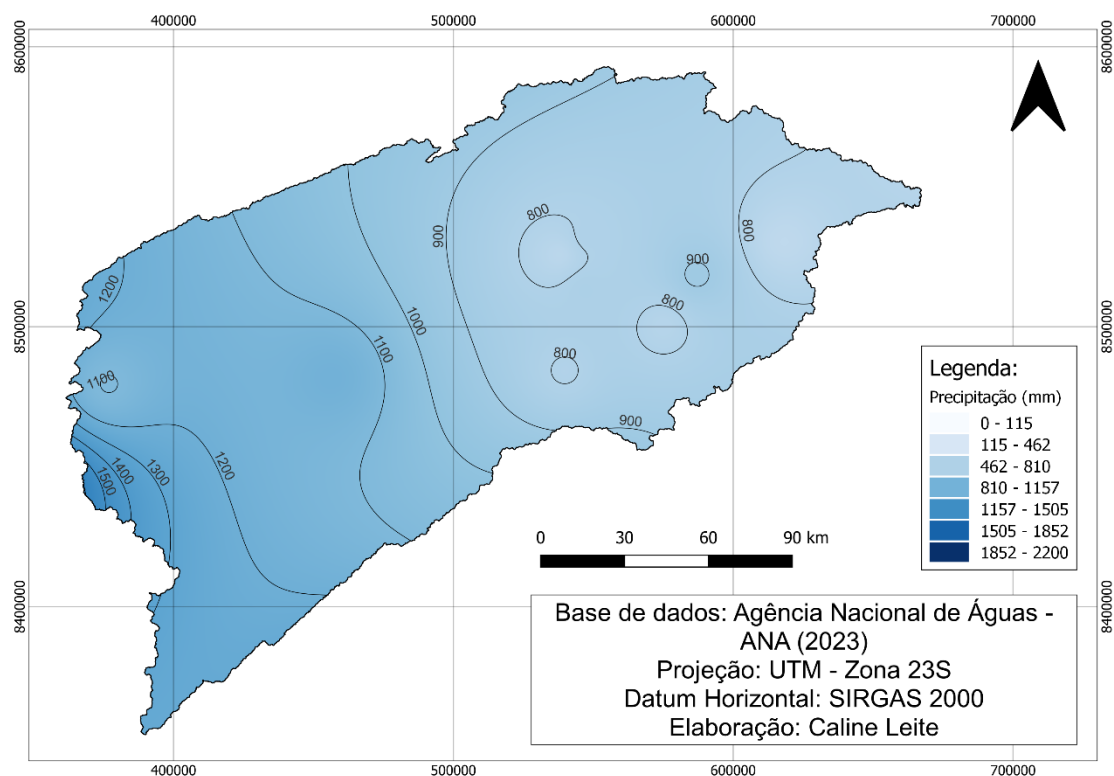


Figura 3-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1983-1984.

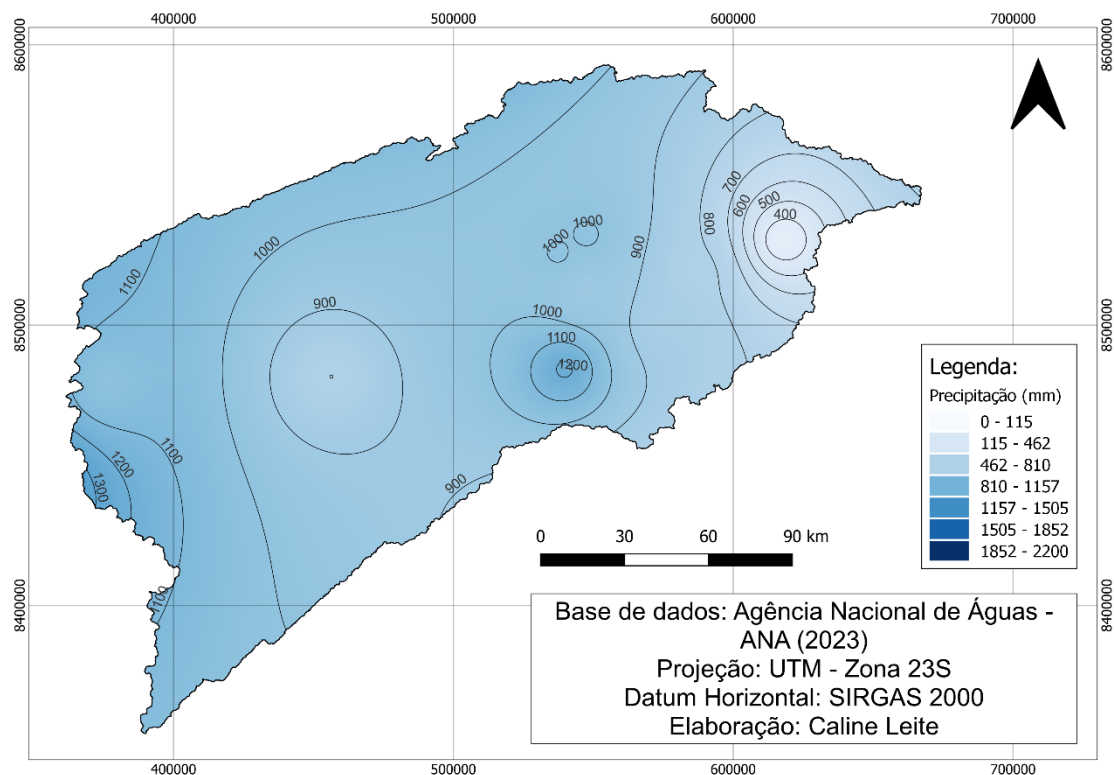


Figura 4-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1984-1985.

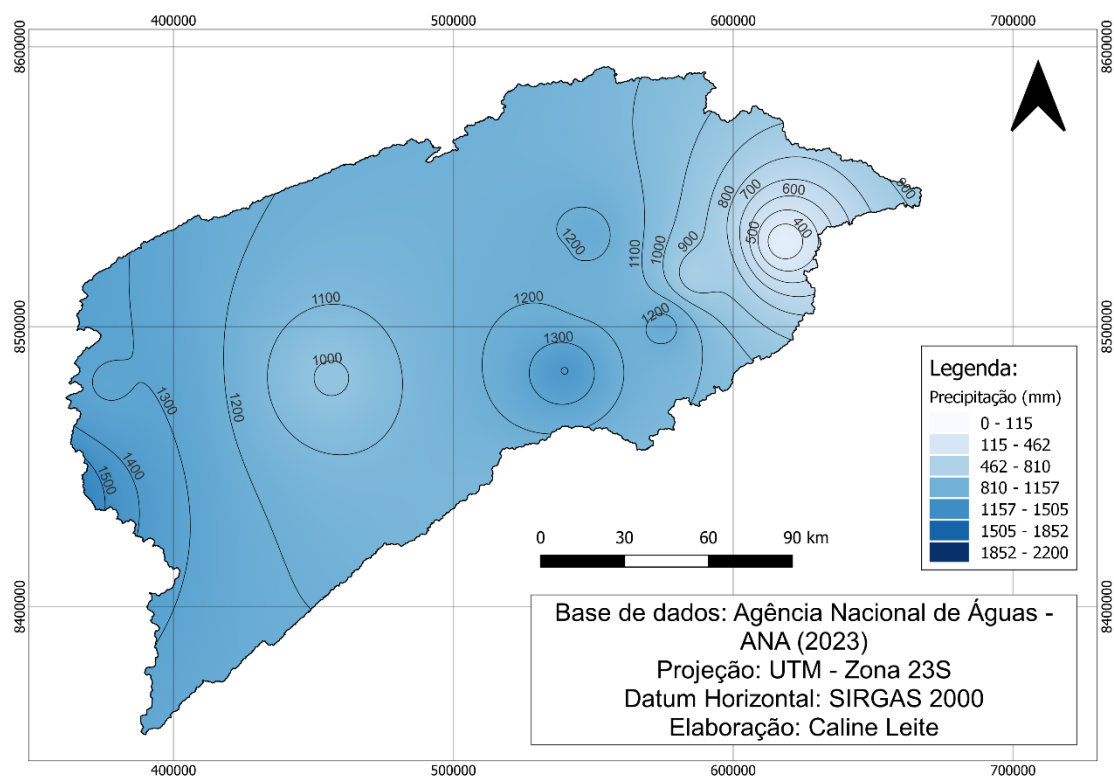


Figura 5-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1985-1986.

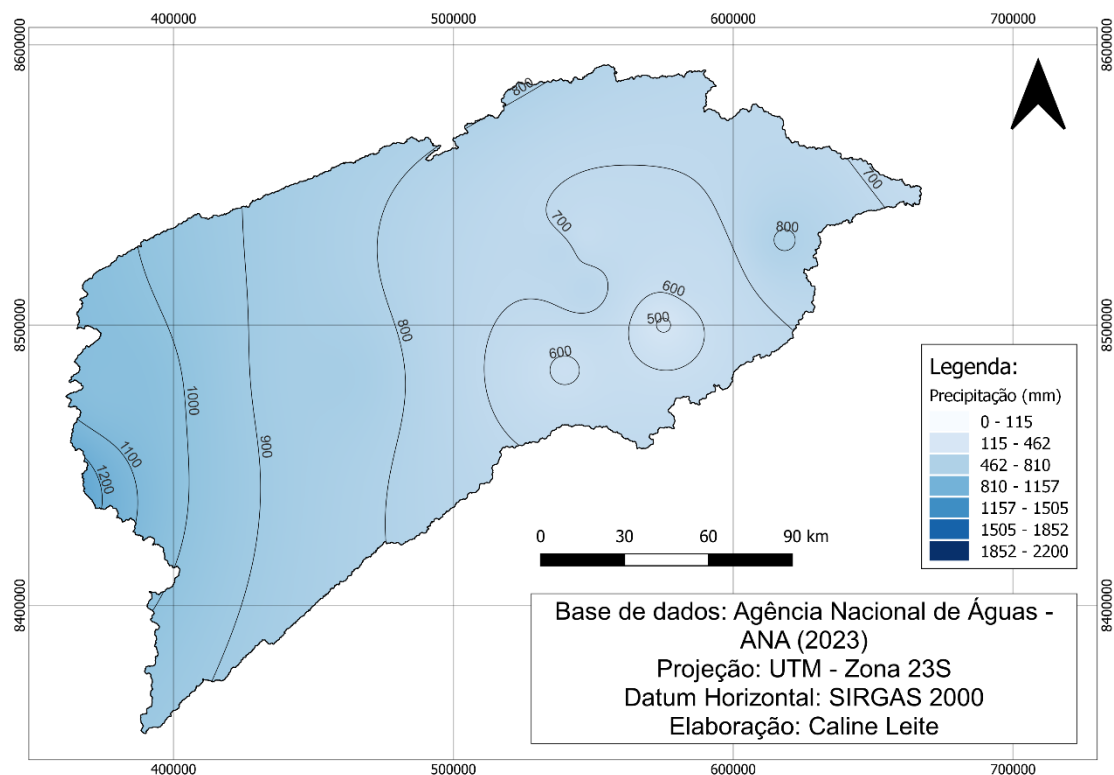


Figura 6-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1986-1987.

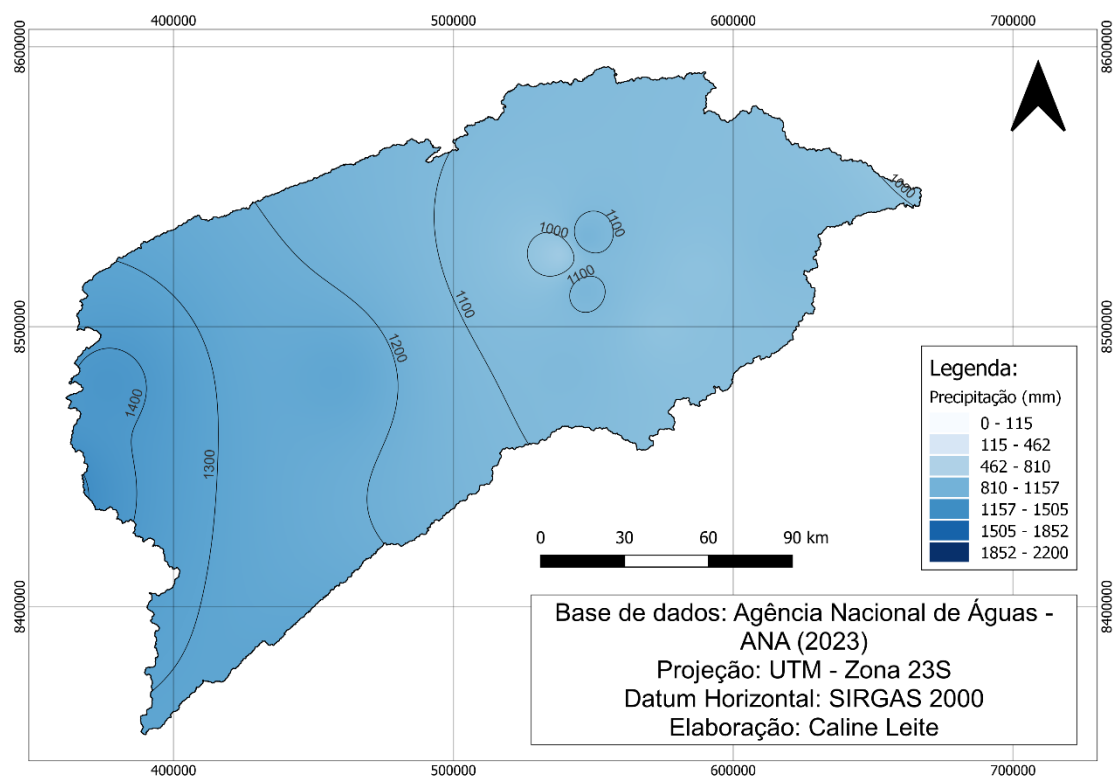


Figura 7-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1987-1988.

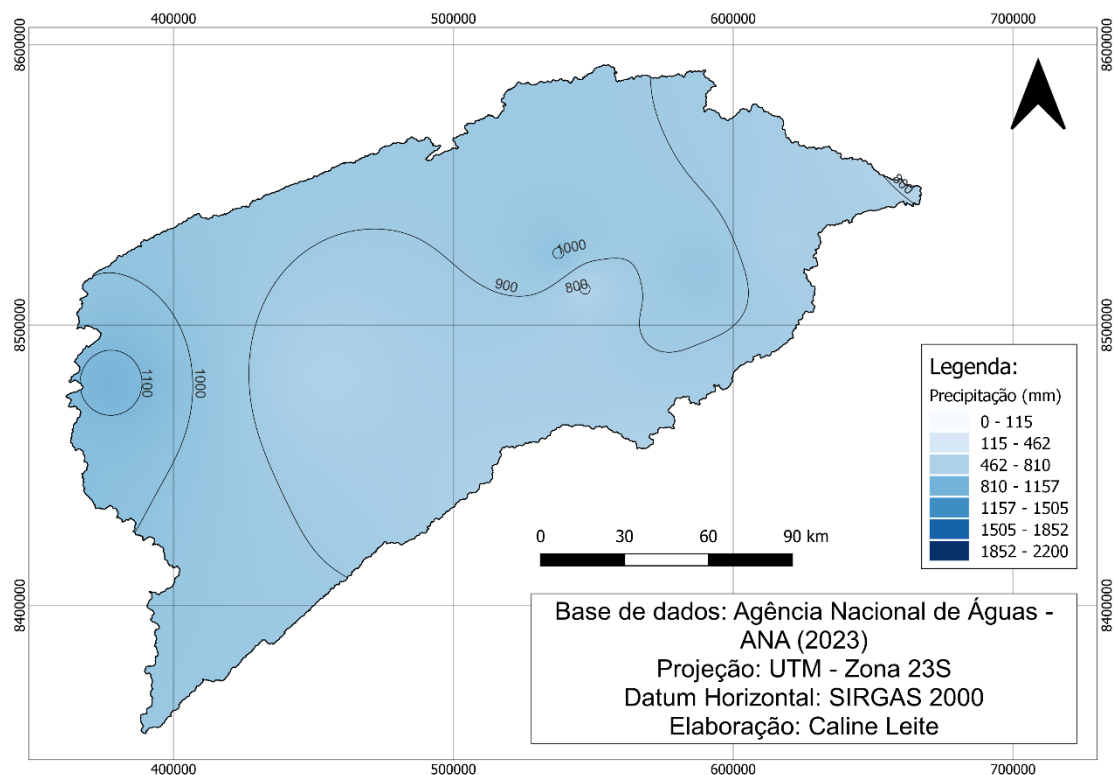


Figura 8-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1988-1989.

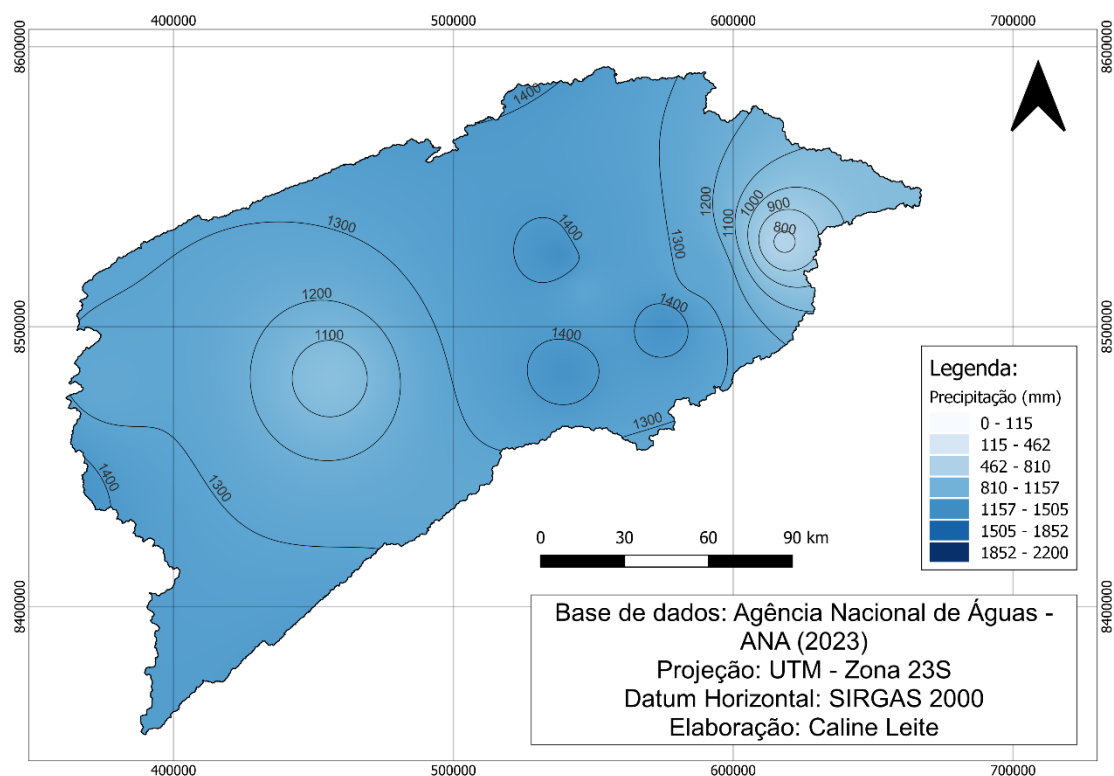


Figura 9-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1989-1990.

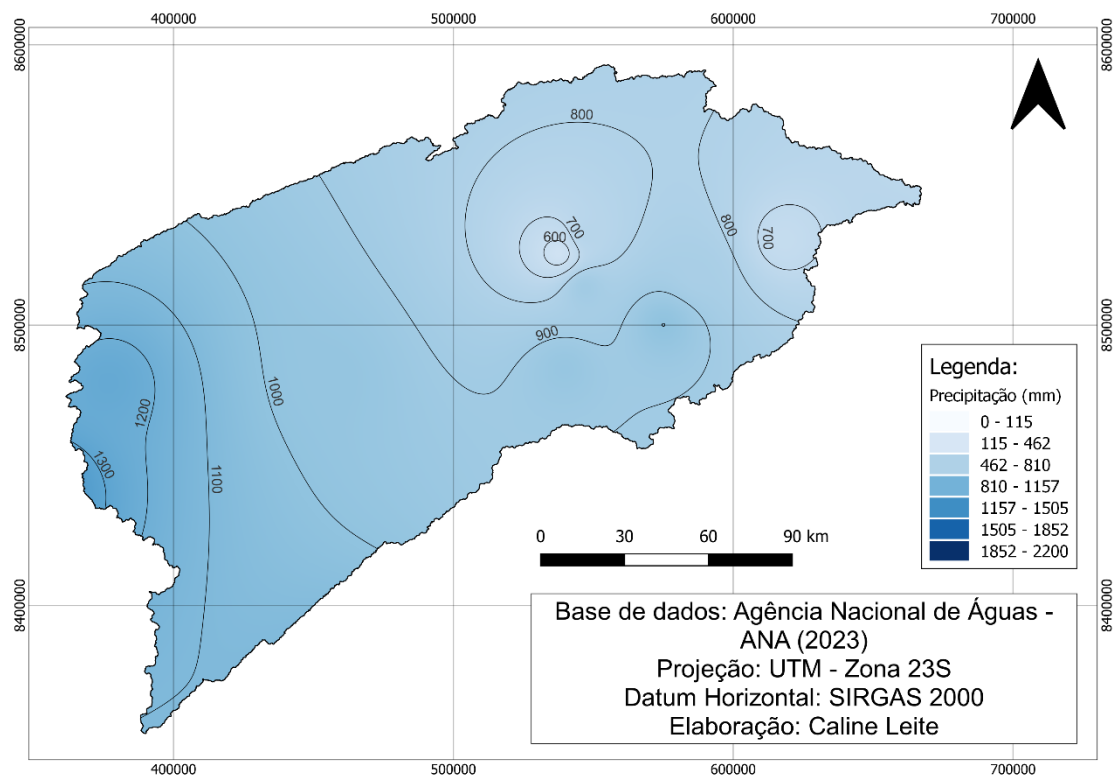


Figura 10-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1990-1991.

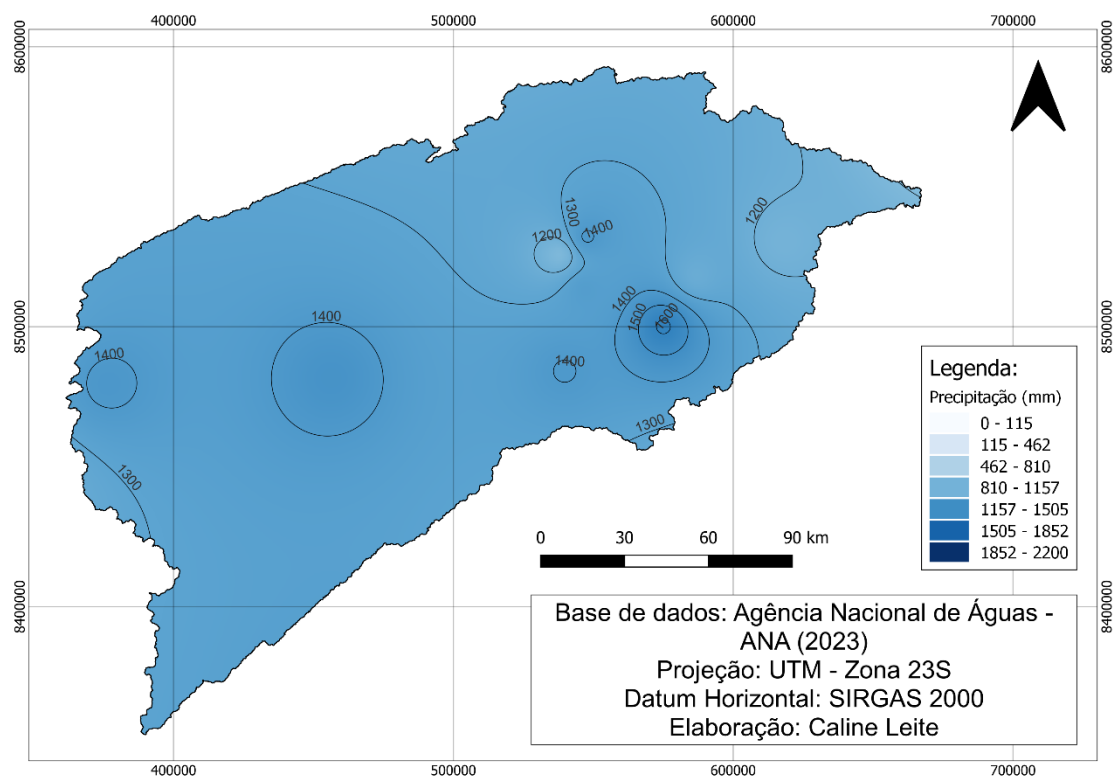


Figura 11-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1991-1992.

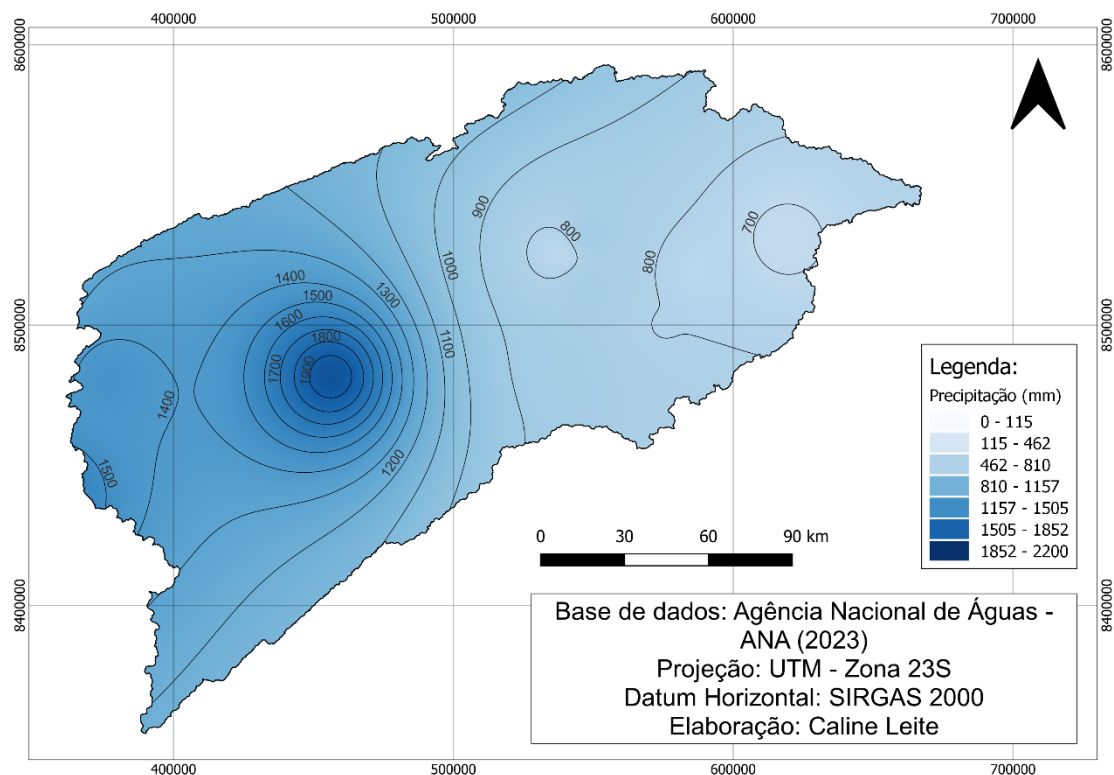


Figura 12-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1993-1994.

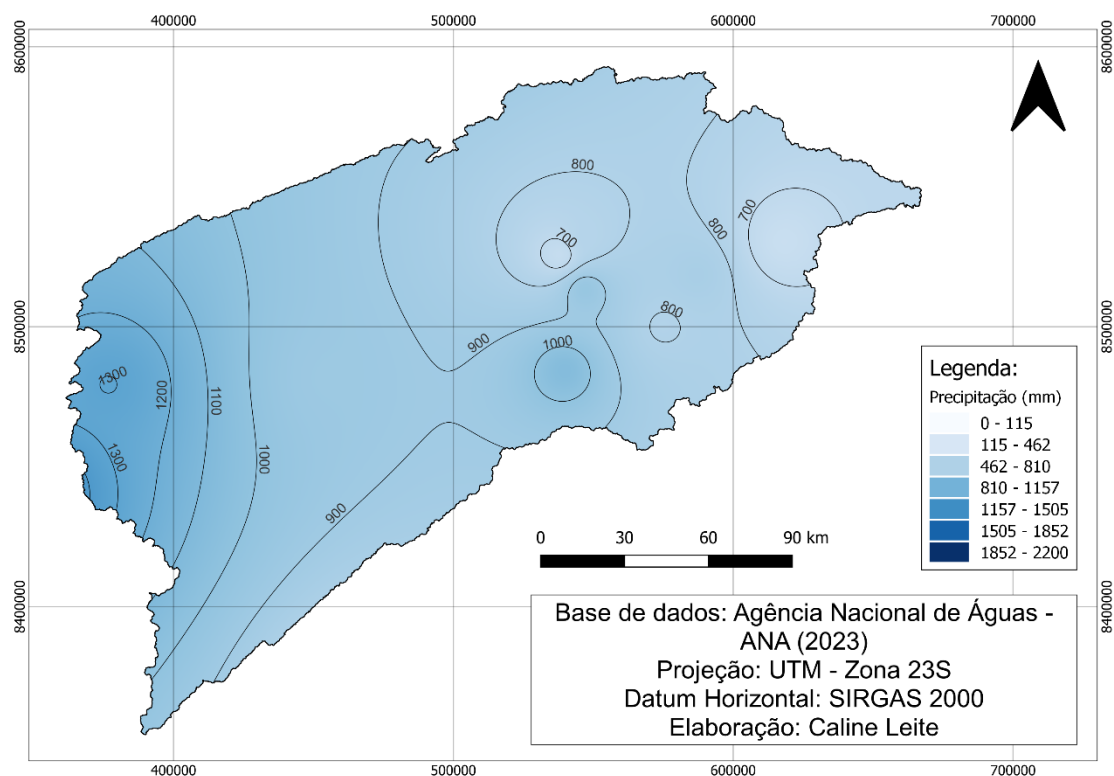


Figura 13-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1994-1995.

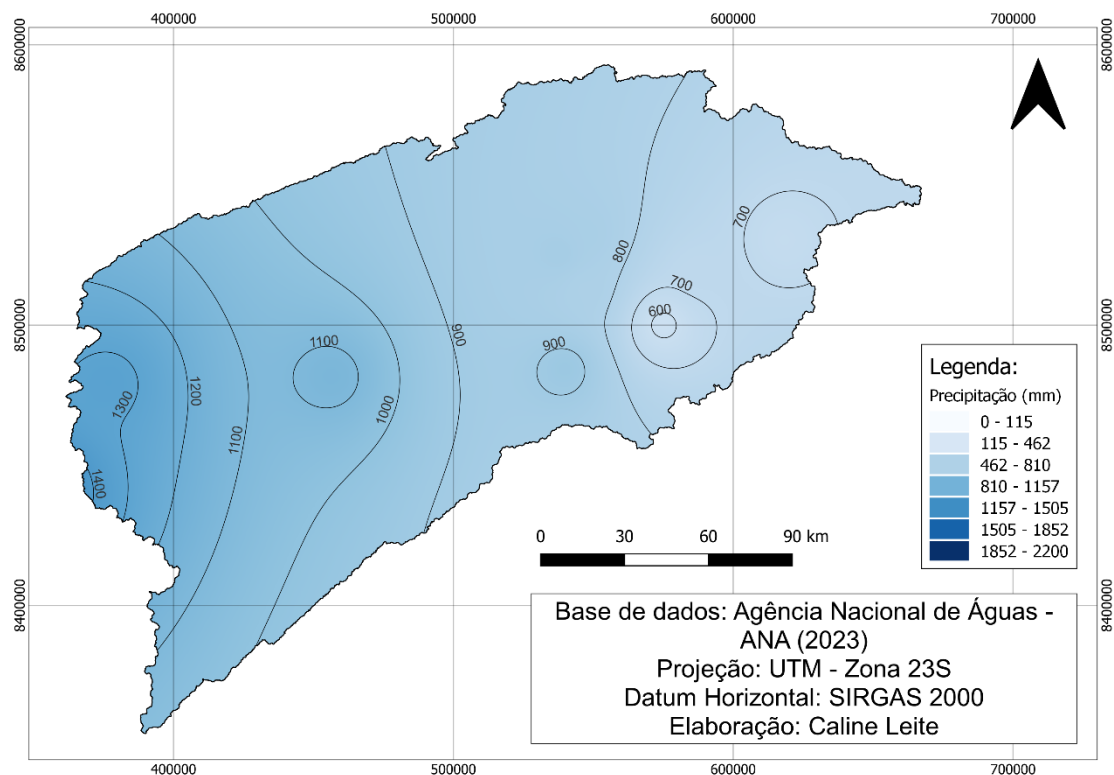


Figura 14-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1995-1996.

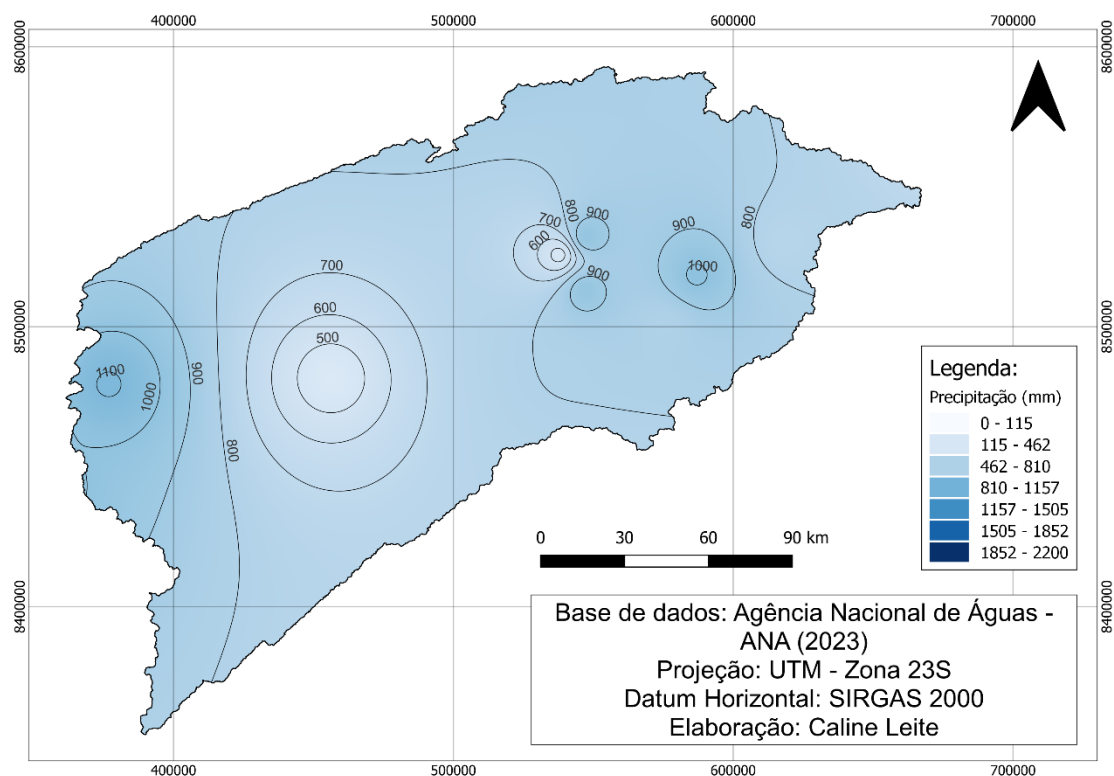


Figura 15-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1996-1997.

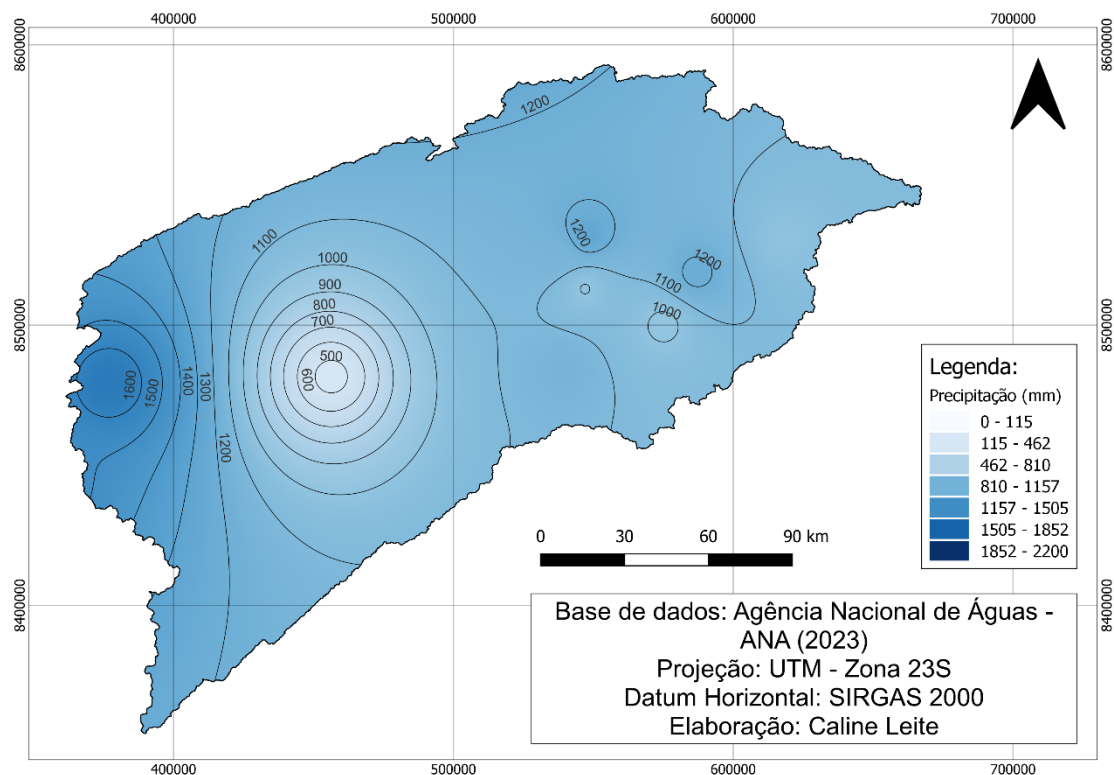


Figura 16-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1997-1998.

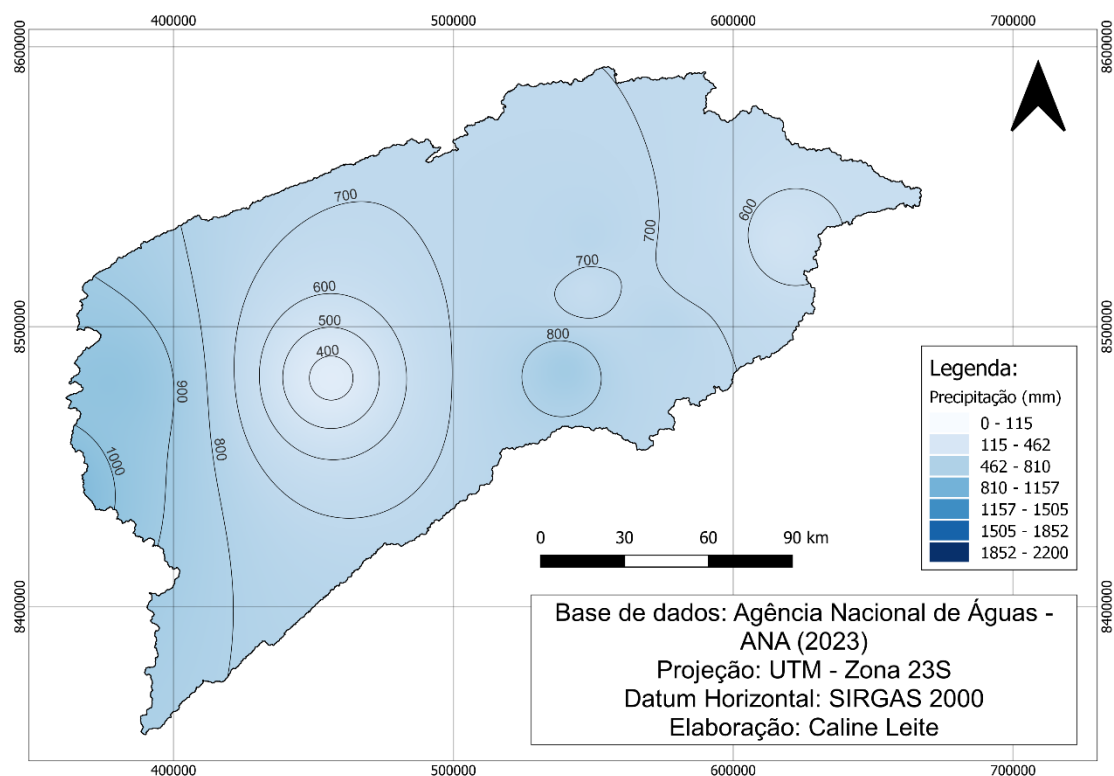


Figura 17-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1998-1999.

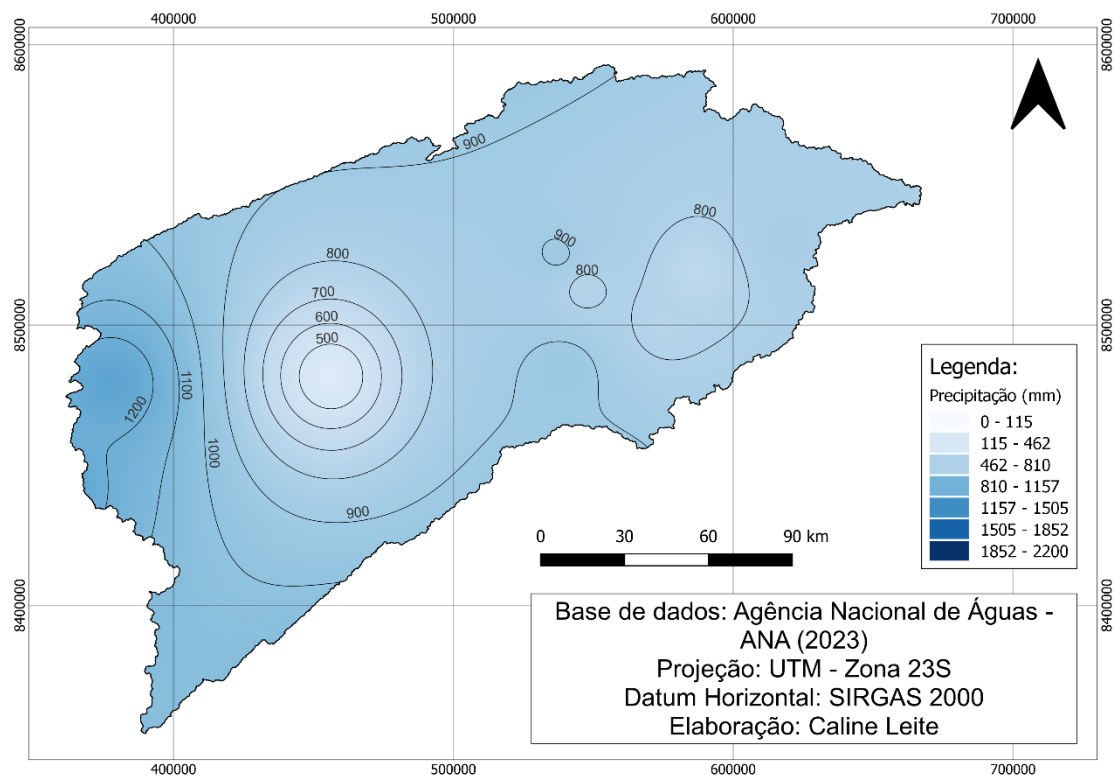


Figura 18-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 1999-2000.

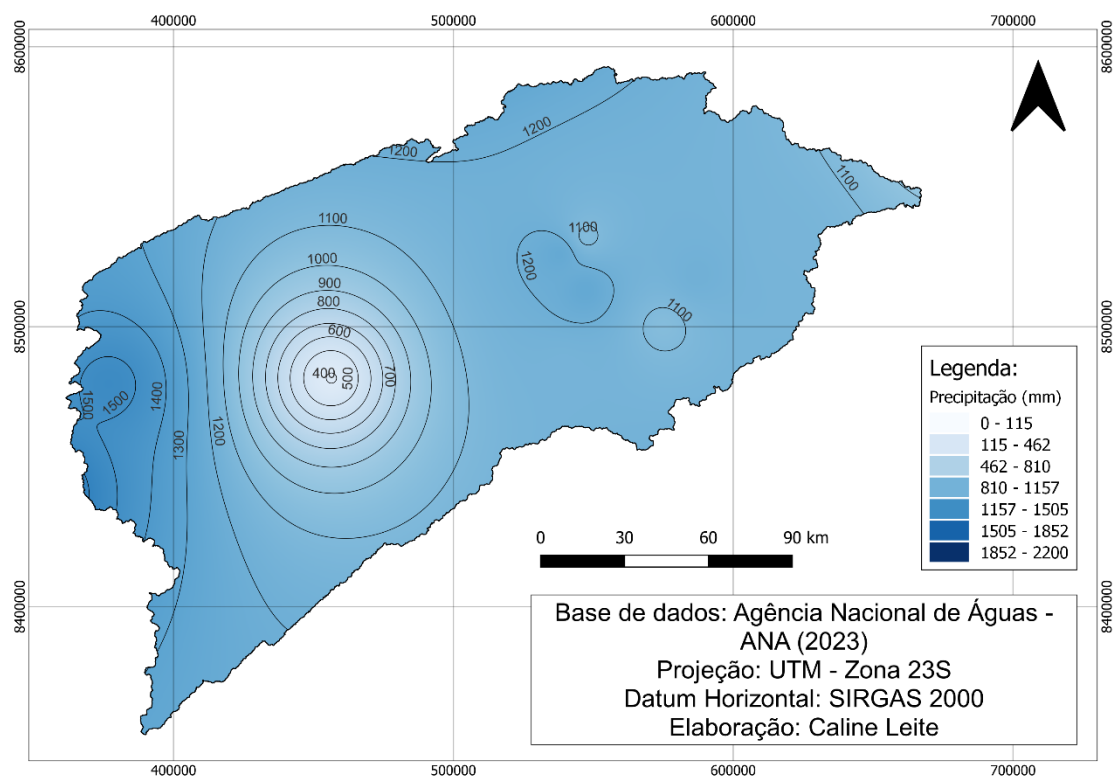


Figura 19-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2000-2001.

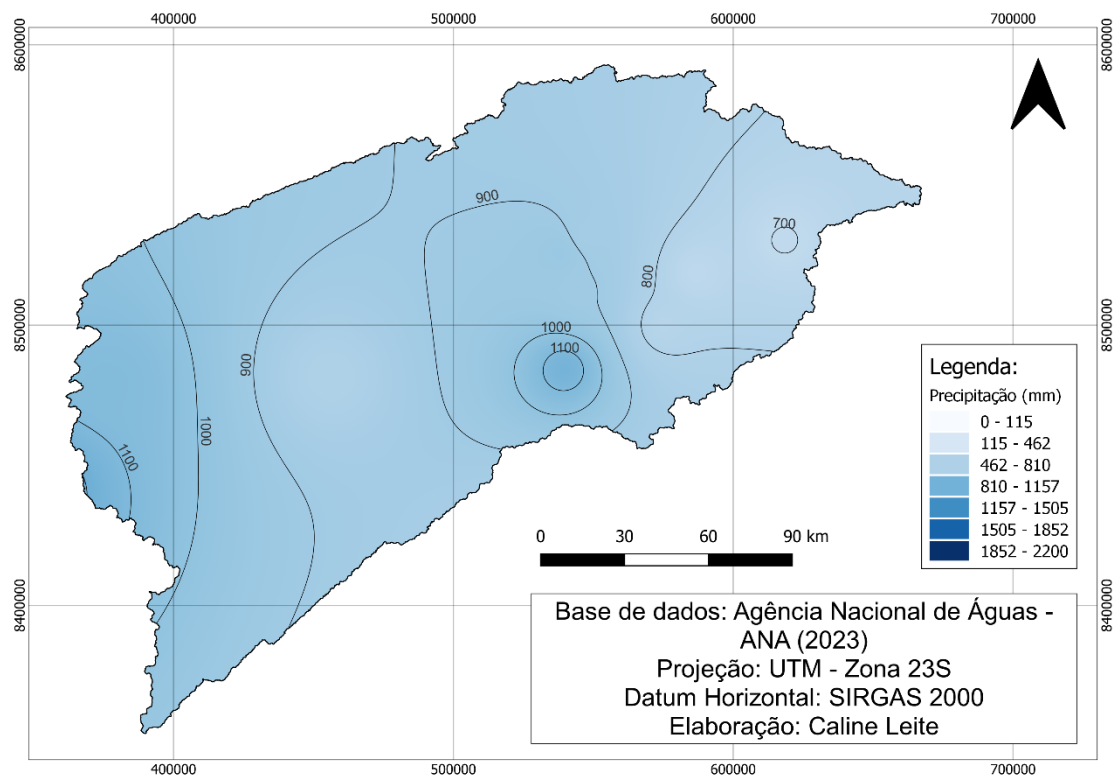


Figura 20-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2001-2002.

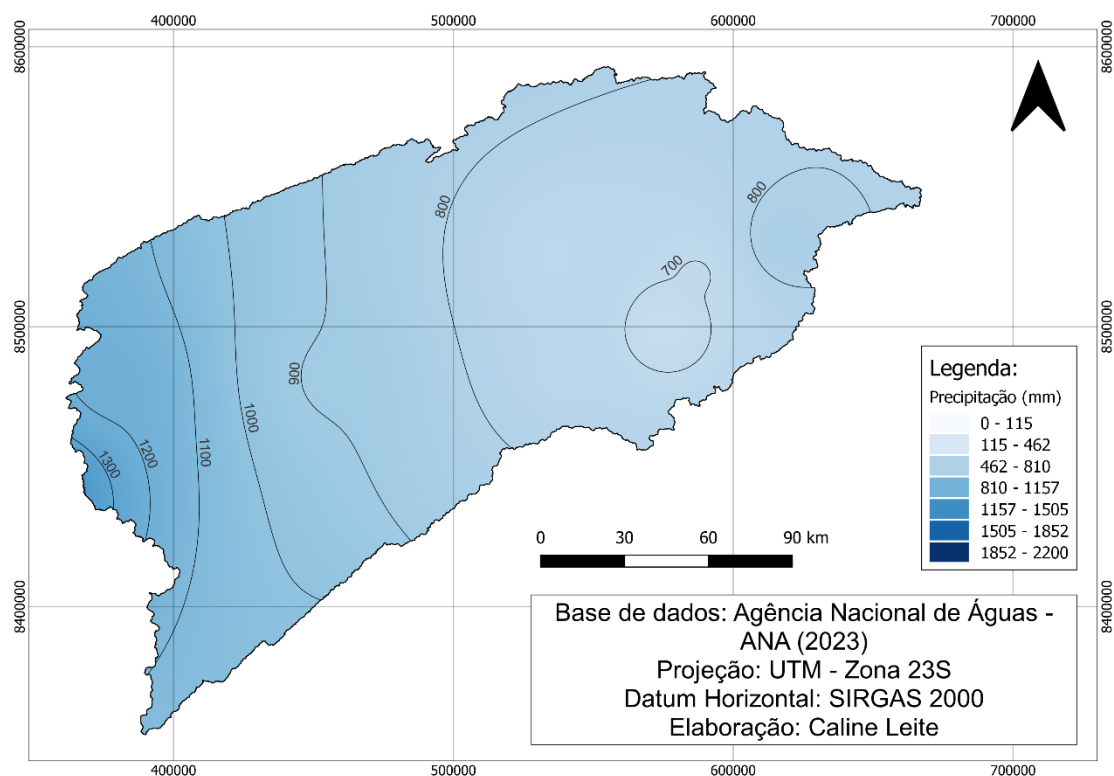


Figura 21-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2002-2003.

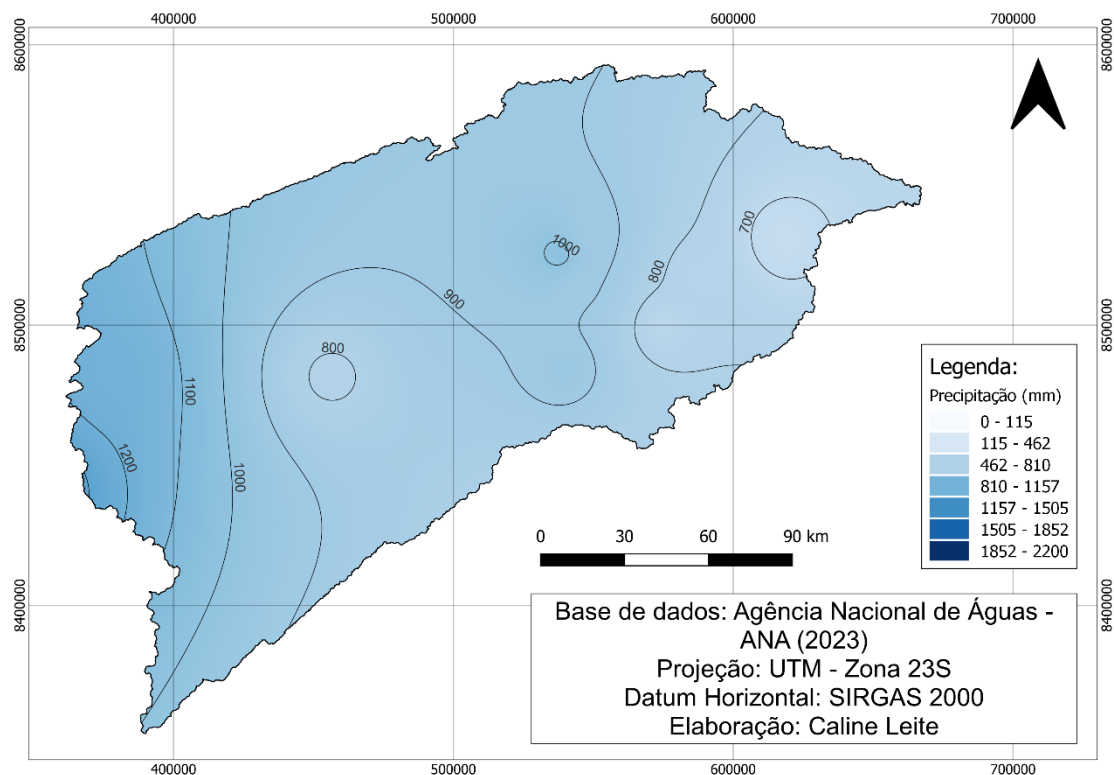


Figura 22-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2003-2004.

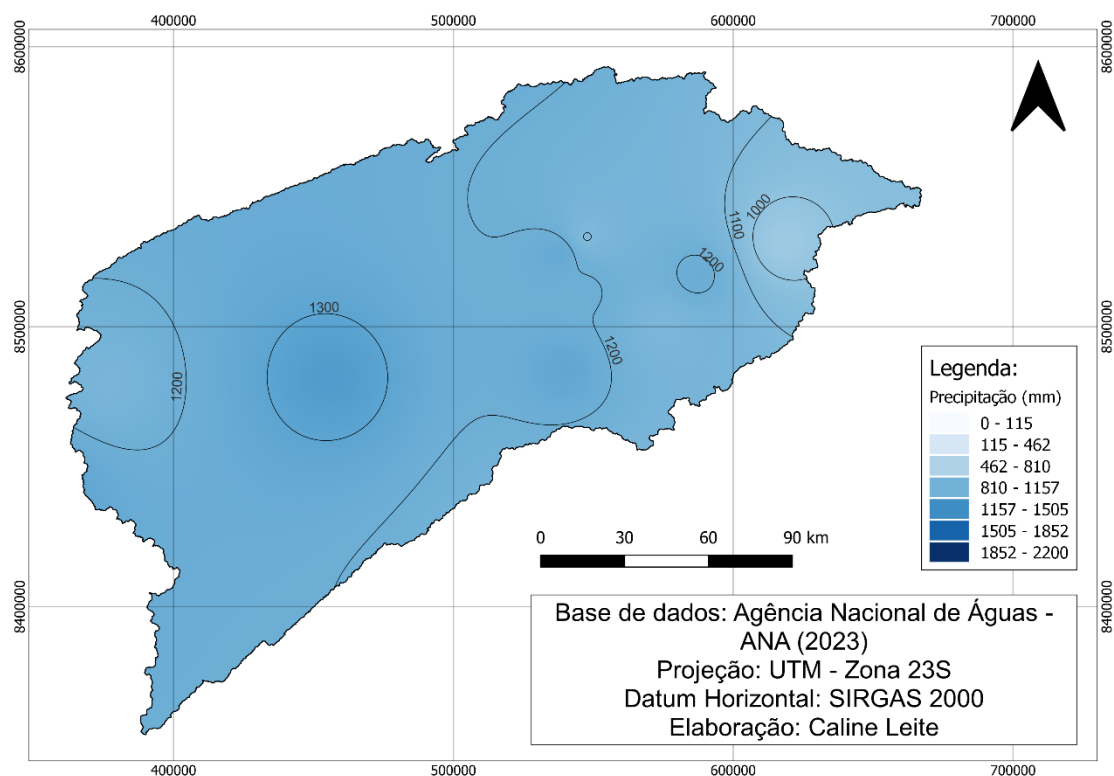


Figura 23-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2004-2005.

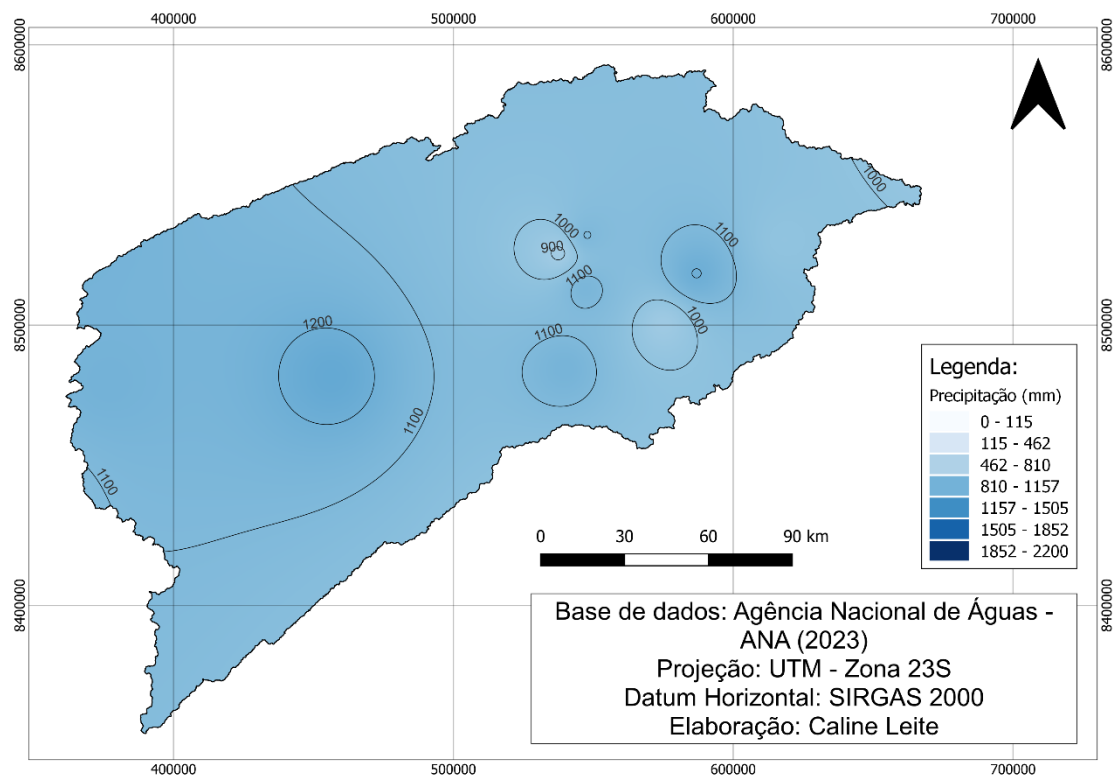


Figura 24-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2005-2006.

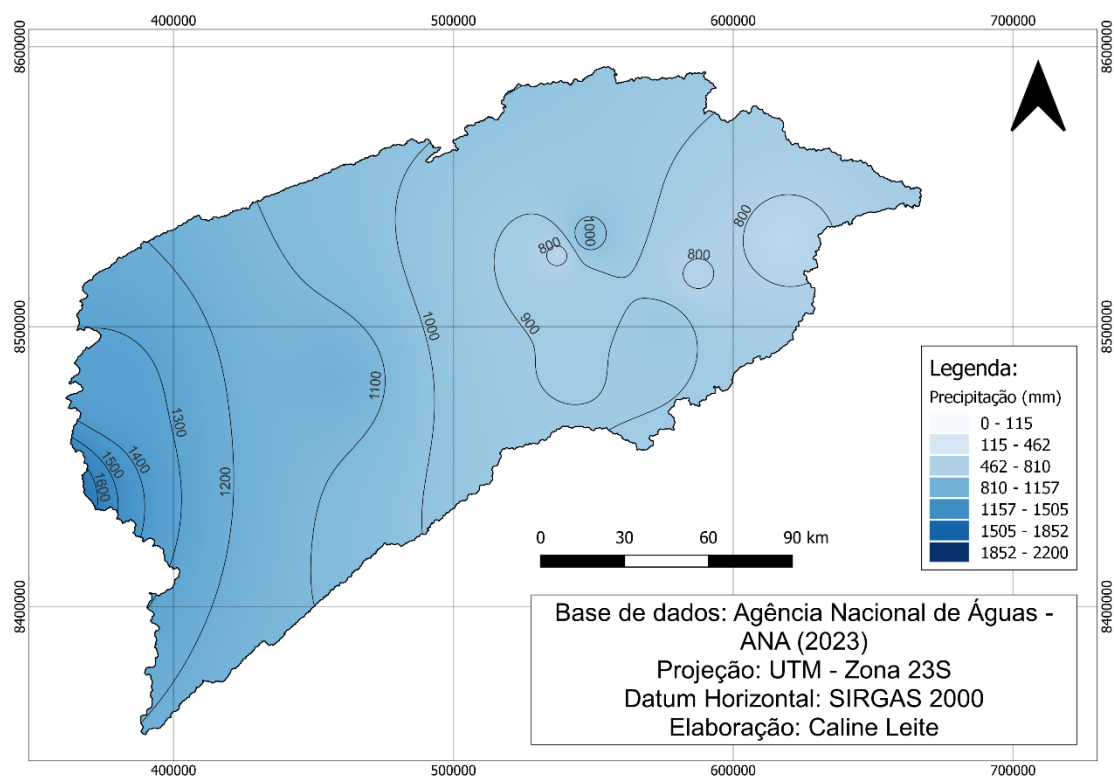


Figura 25-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2006-2007.

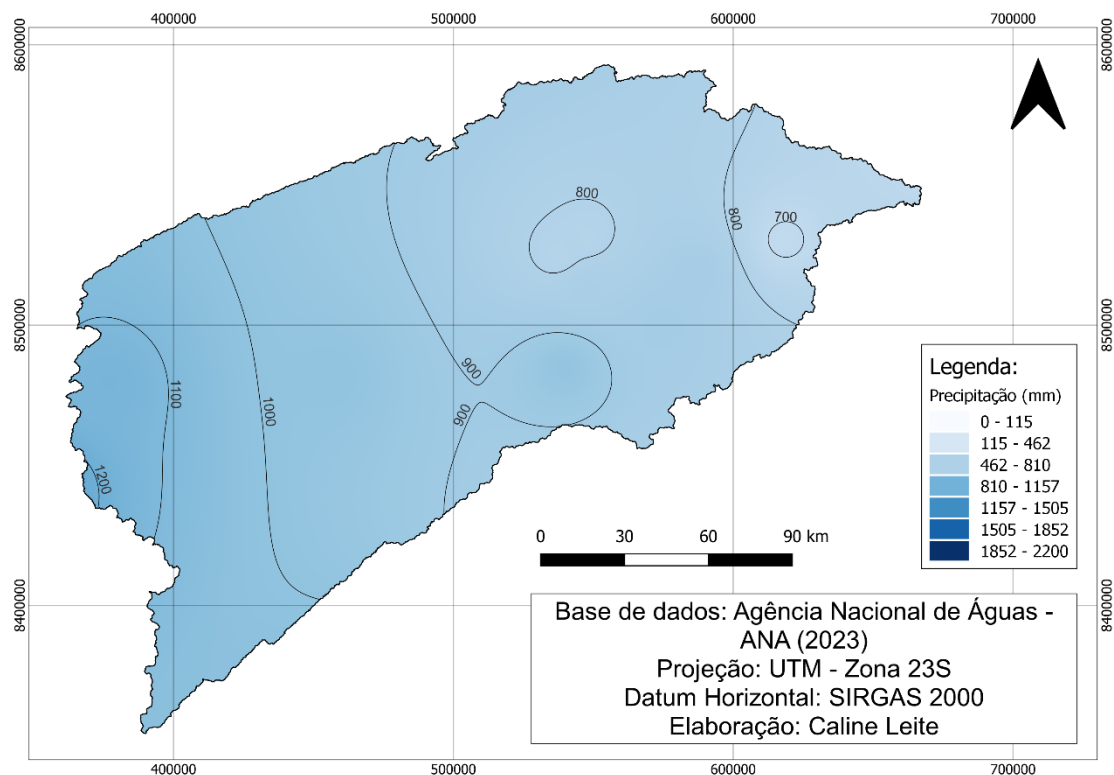


Figura 26-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2007-2008.

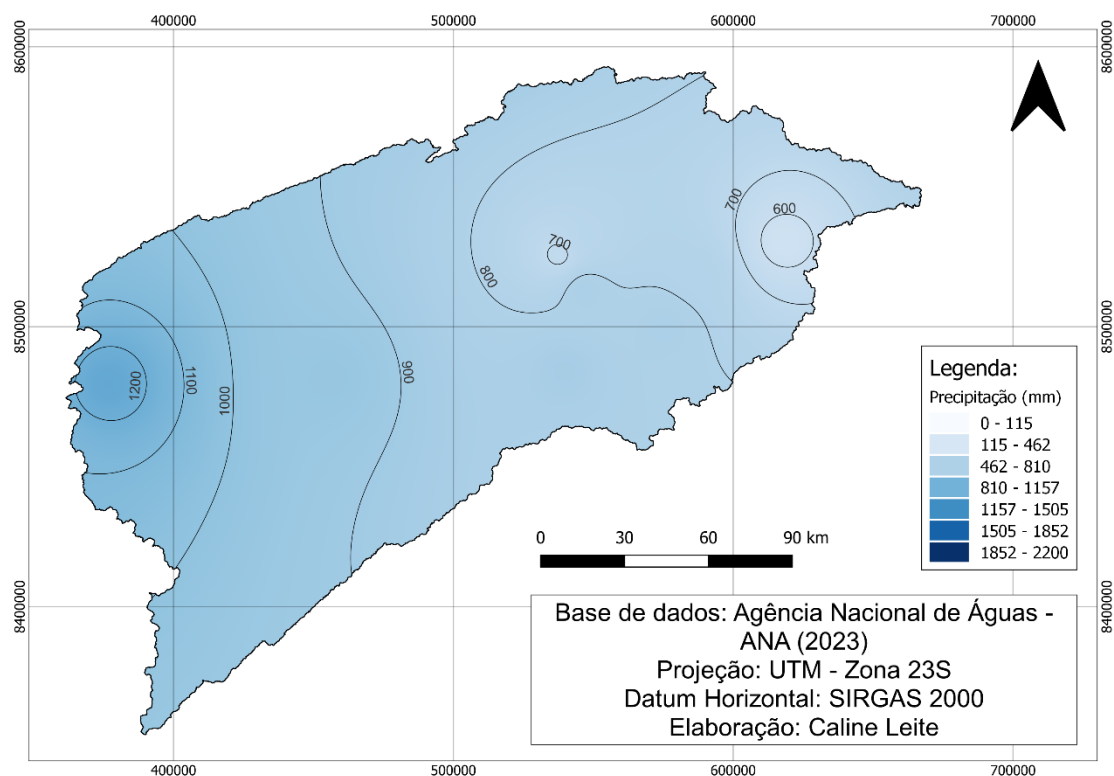


Figura 27-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2008-2009.

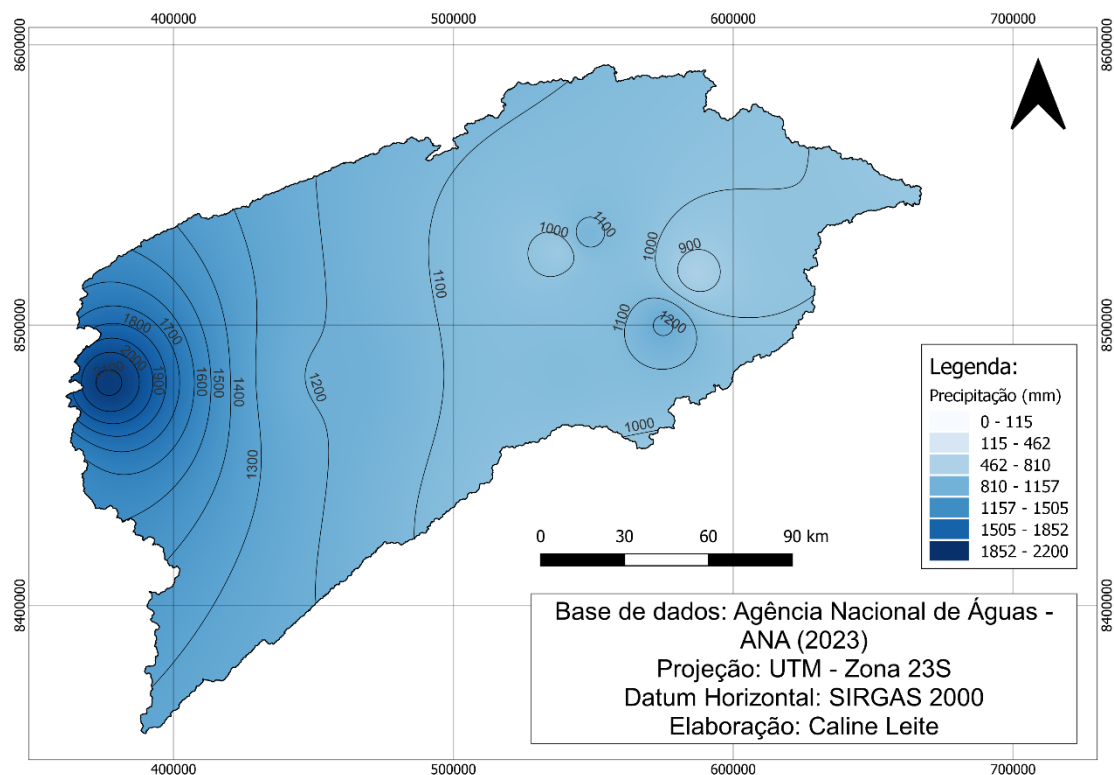


Figura 28-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2009-2010.

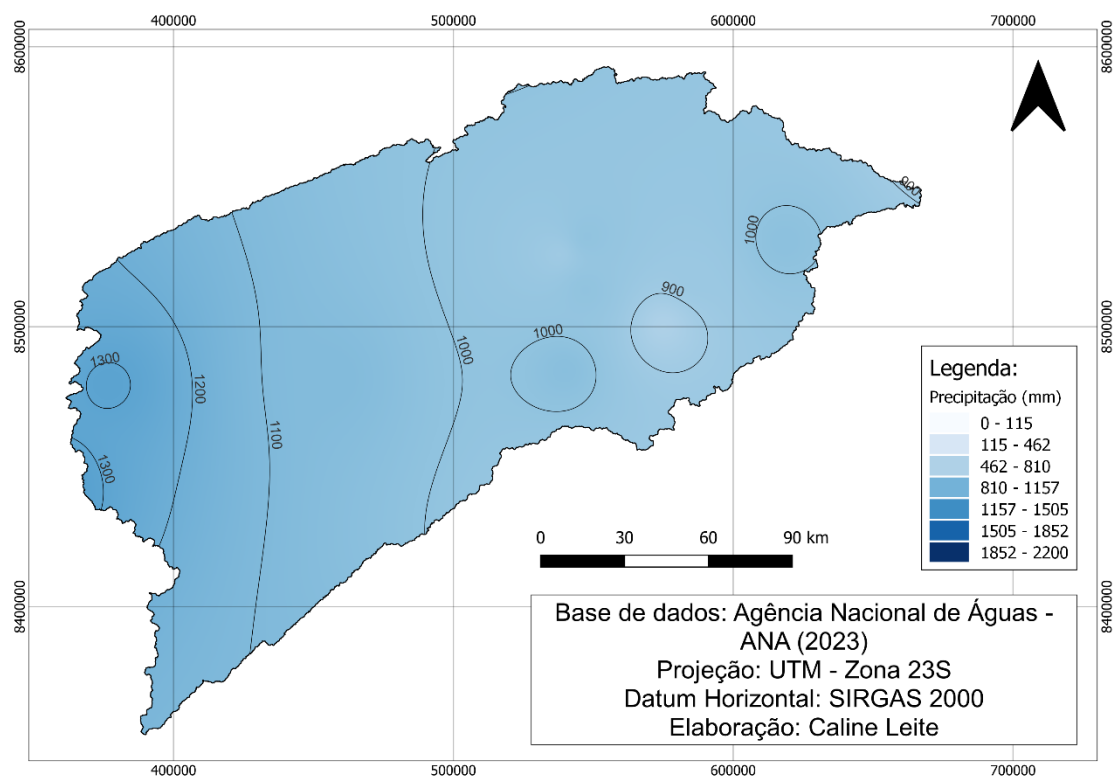


Figura 29-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2010-2011.

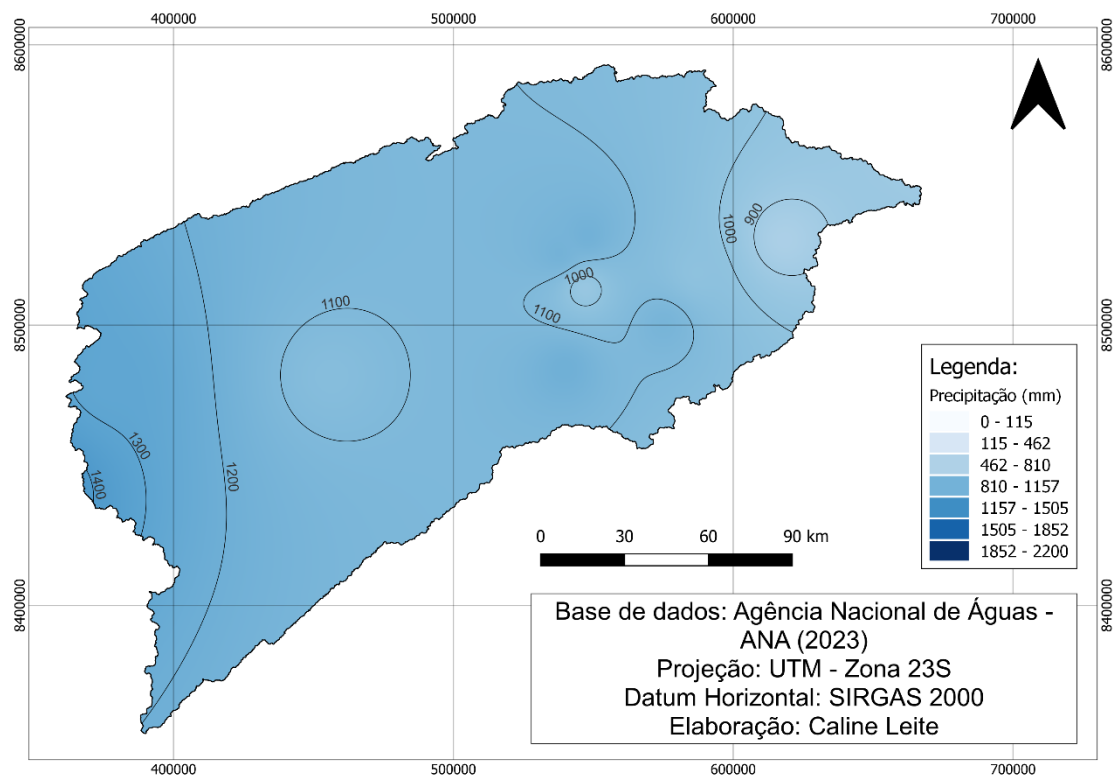


Figura 30-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2011-2012.

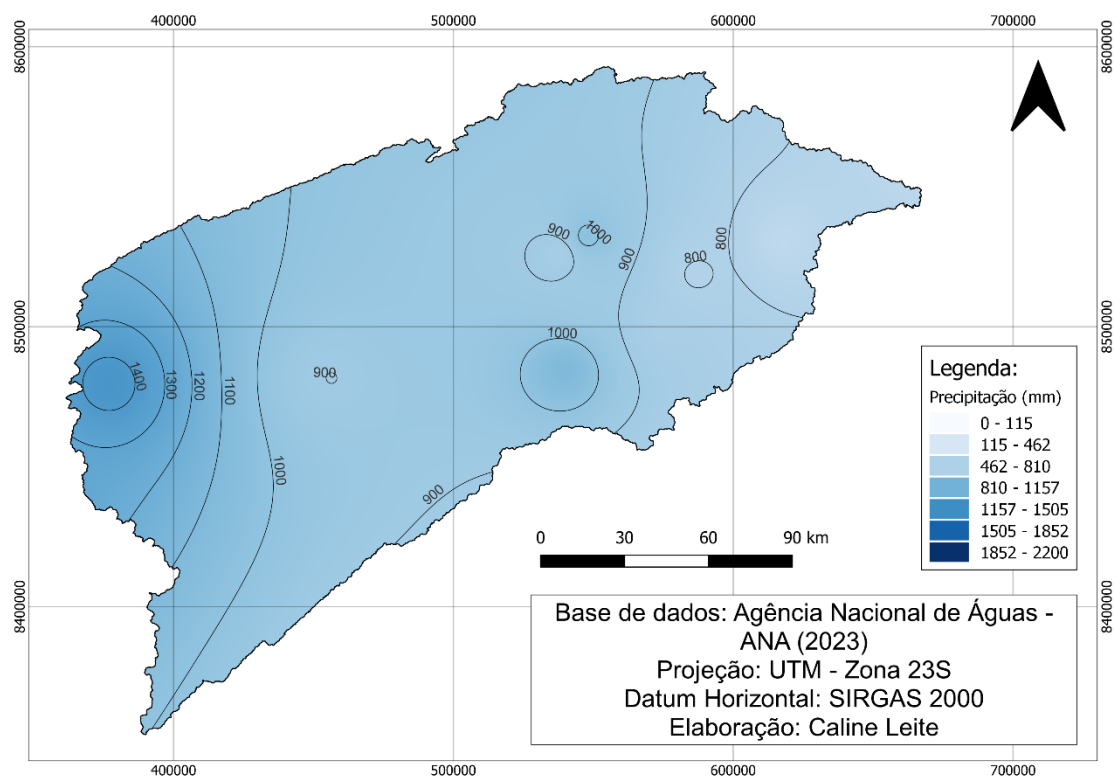


Figura 31-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2012-2013.

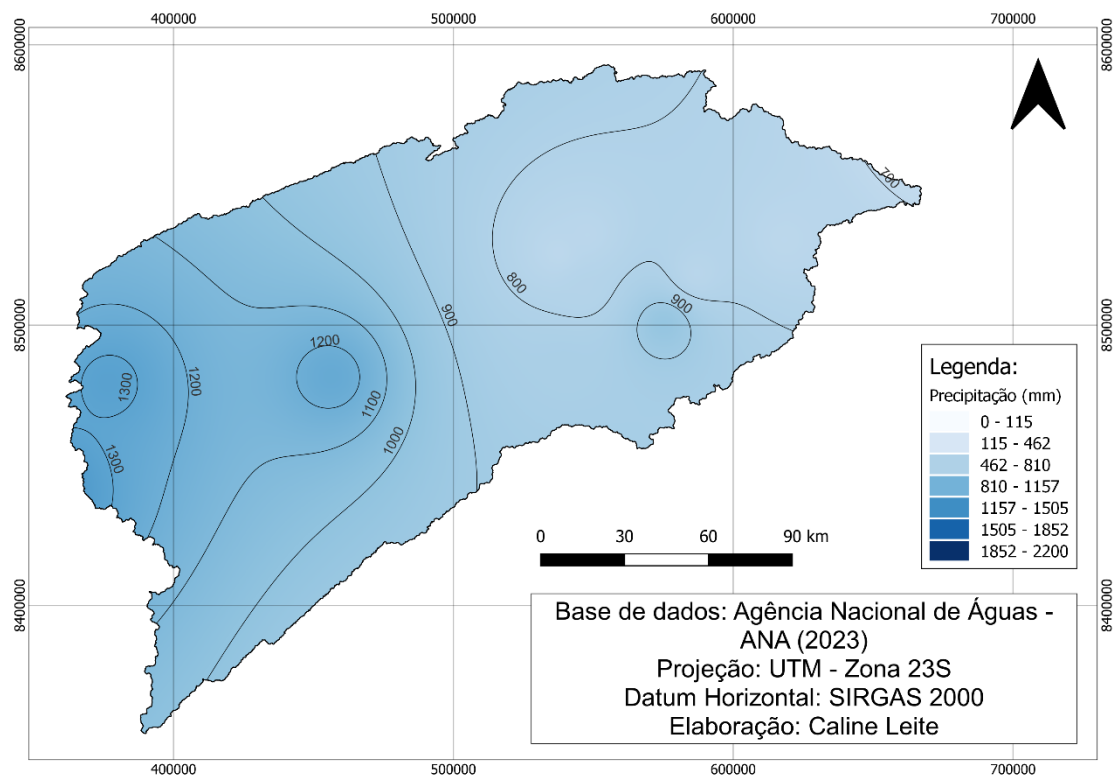


Figura 32-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2013-2014.

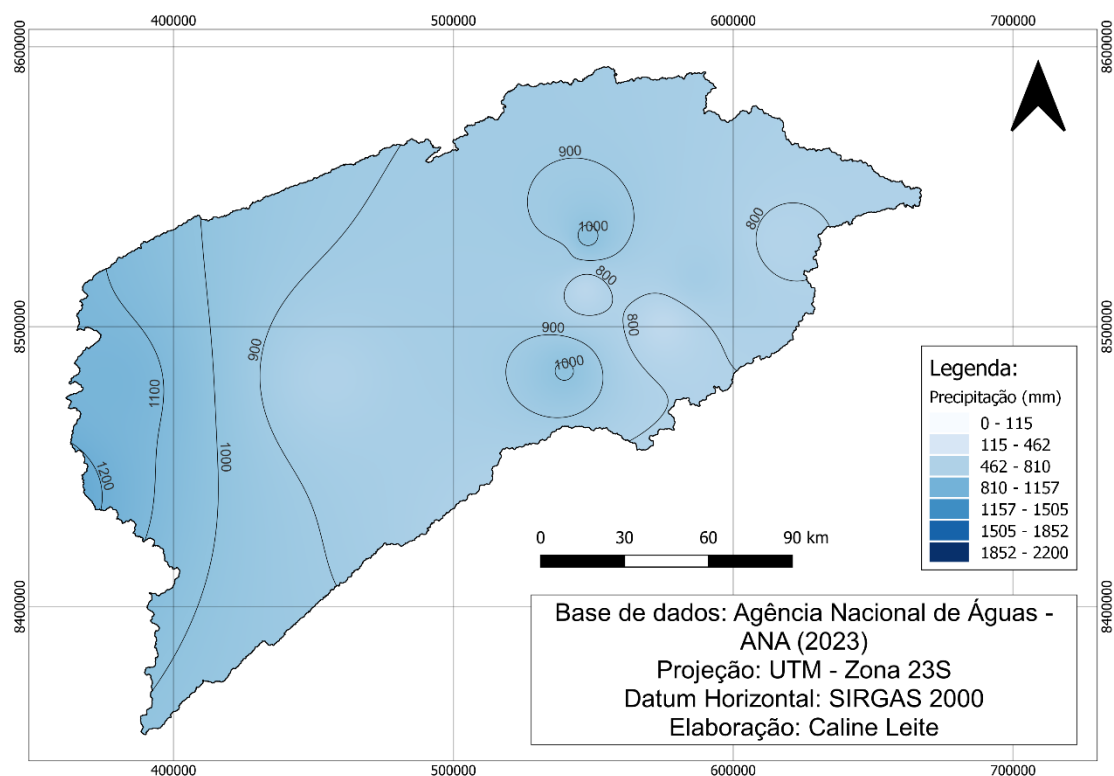


Figura 33-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2014-2015.

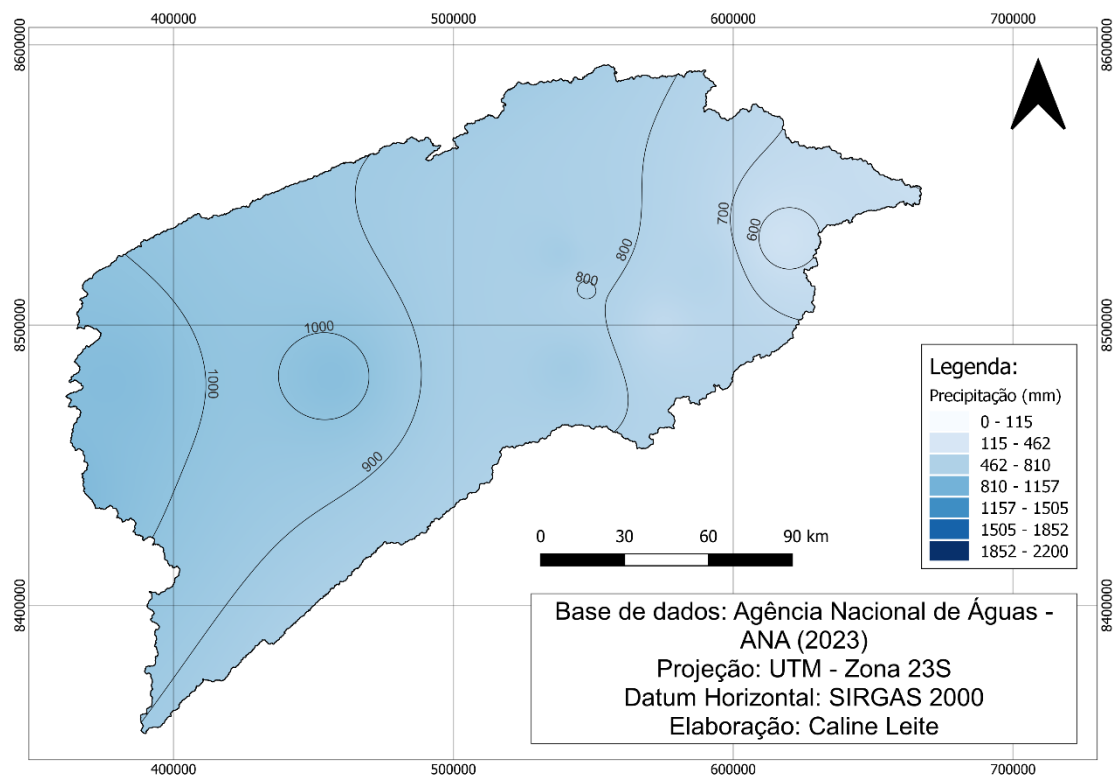


Figura 34-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2015-2016.

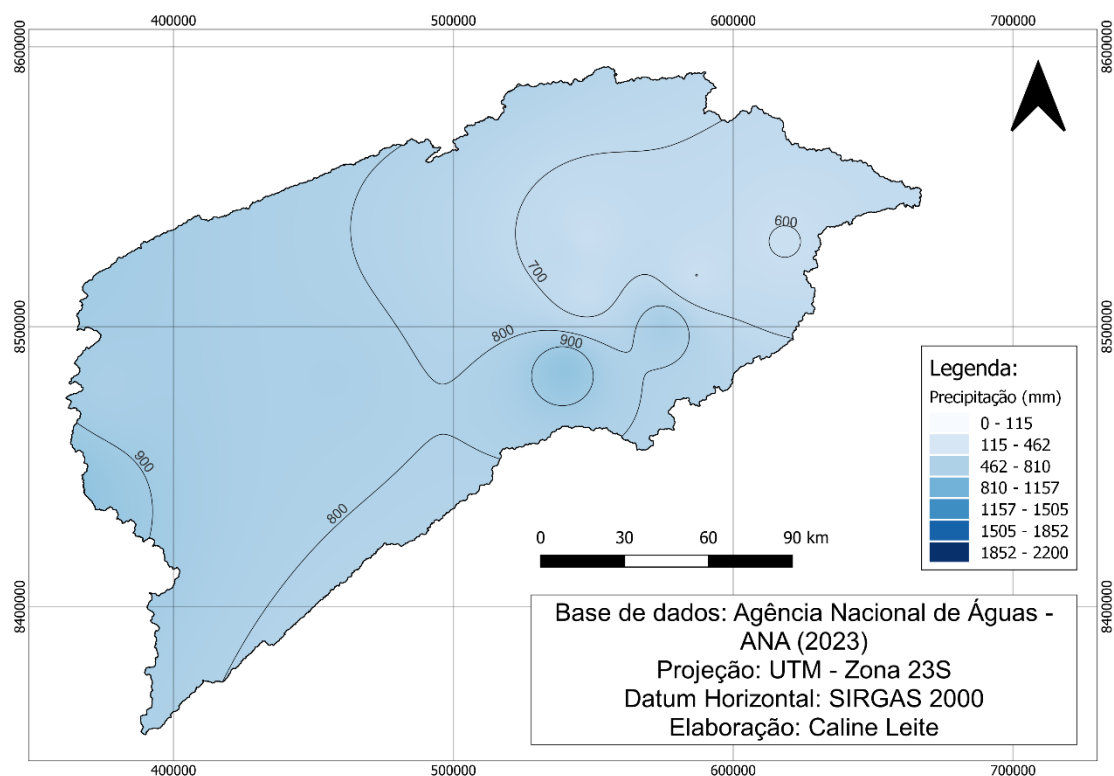


Figura 35-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2016-2017.

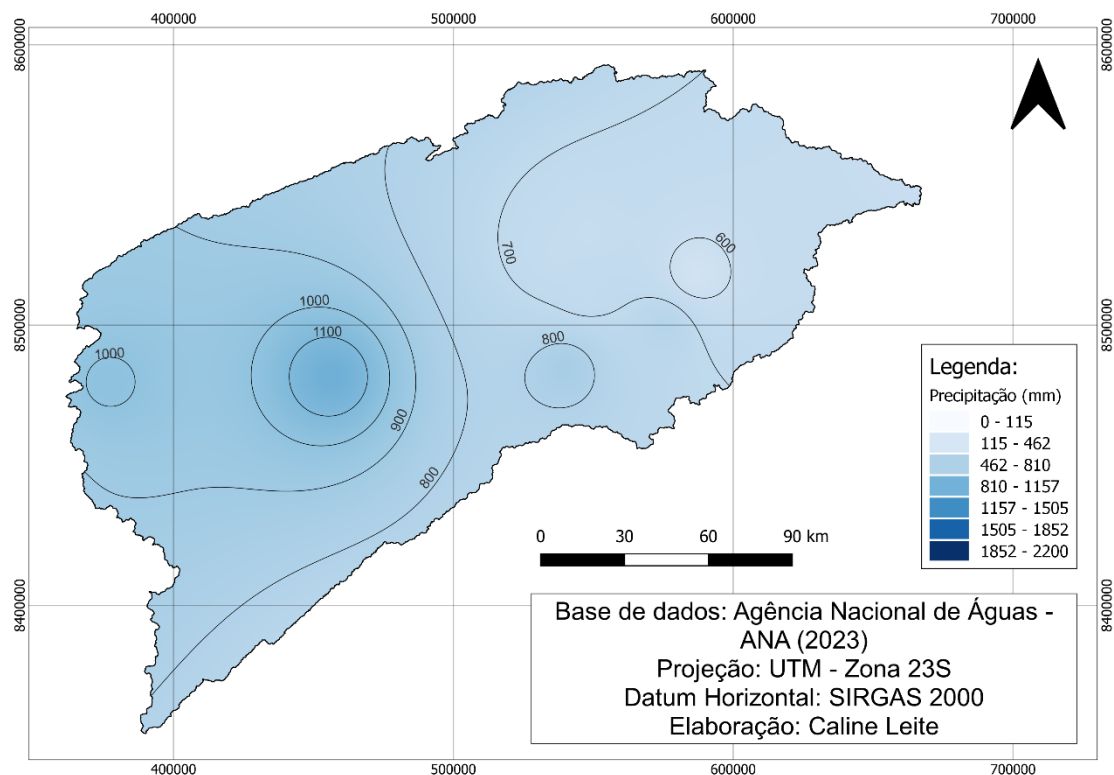


Figura 36-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2017-2018.

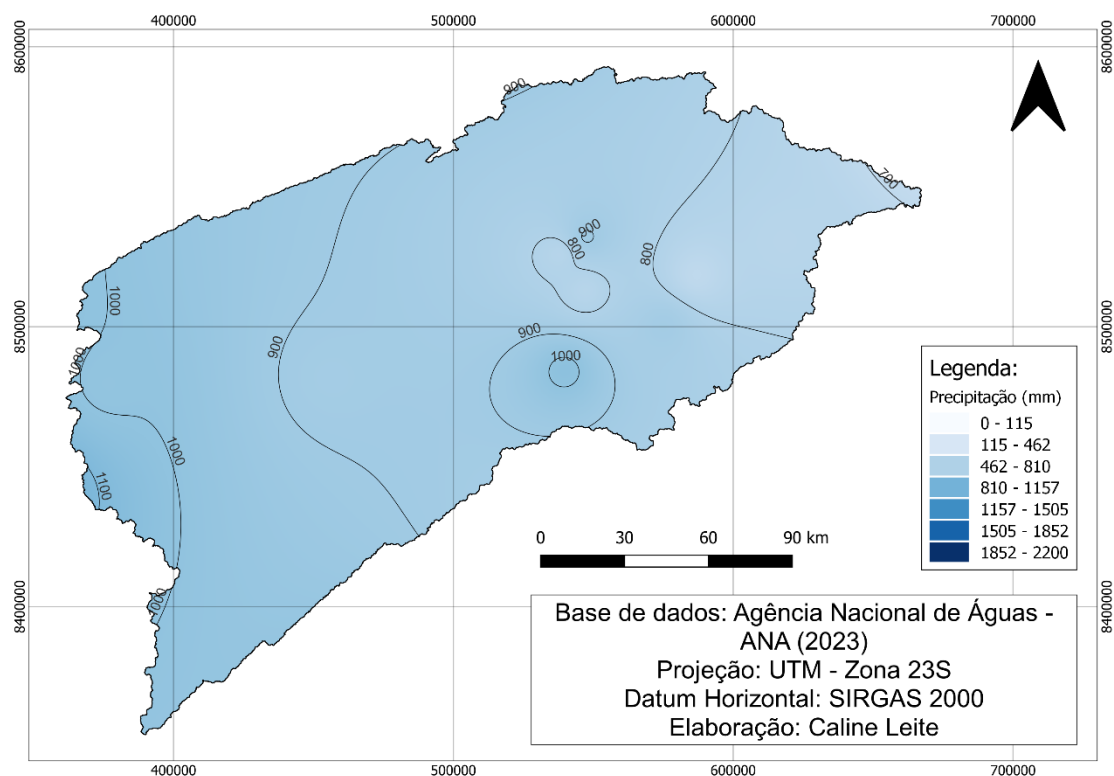


Figura 37-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2018-2019.

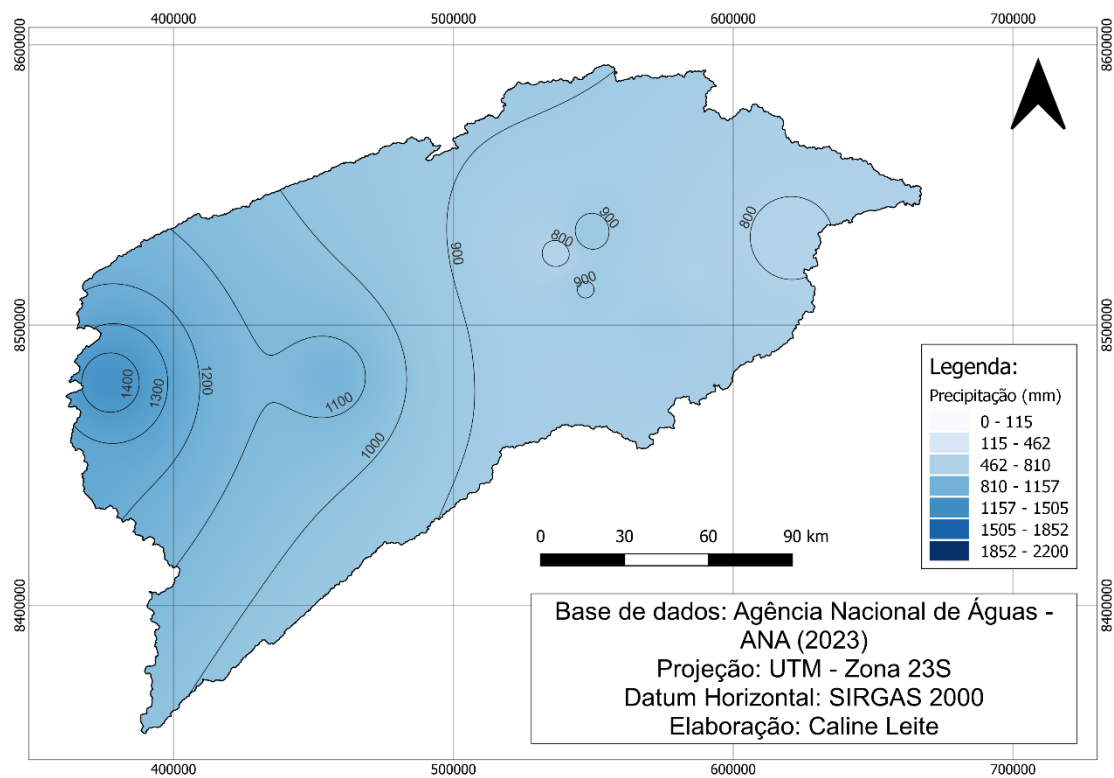


Figura 38-C – Isoietas da precipitação total anual da bacia do rio Corrente para o ano hidrológico 2019-2020.

APÊNDICE D

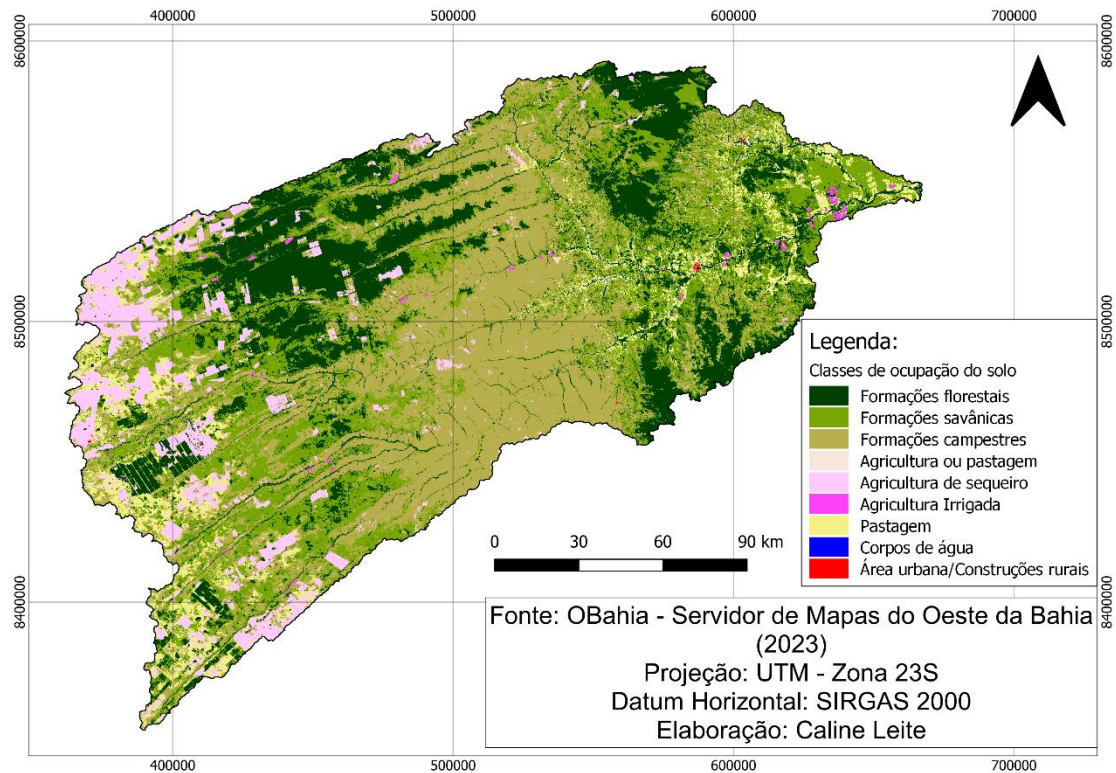


Figura 1-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1991.

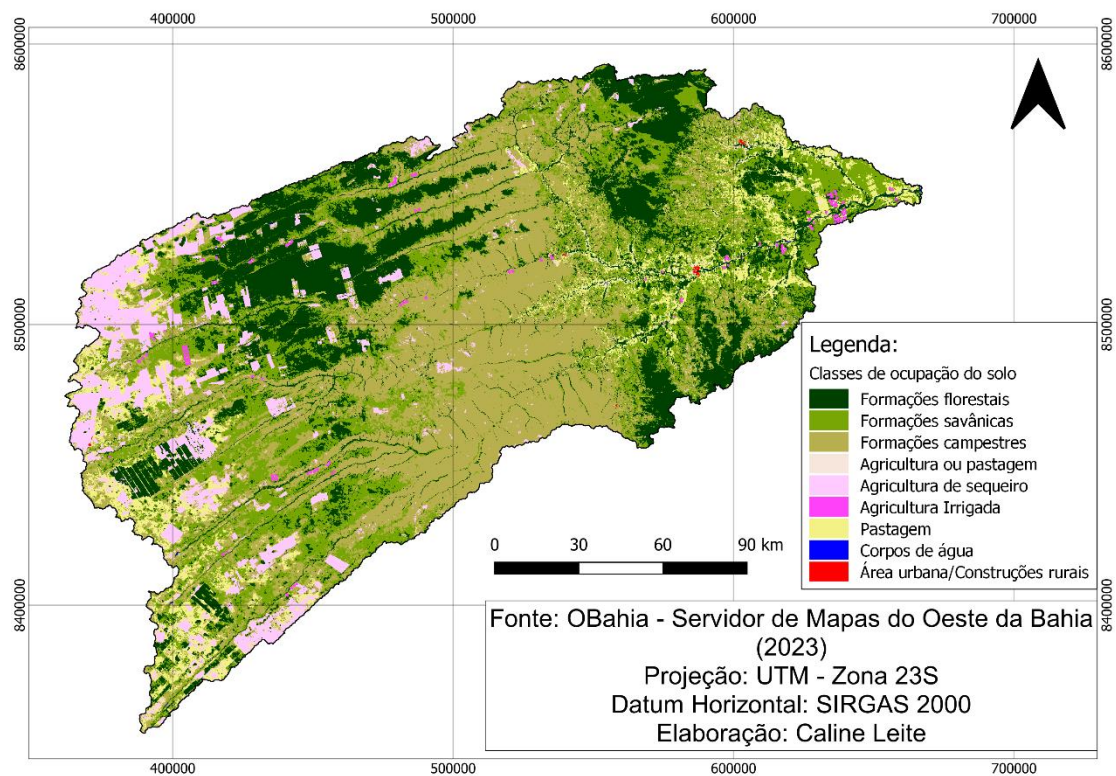


Figura 2-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1992.

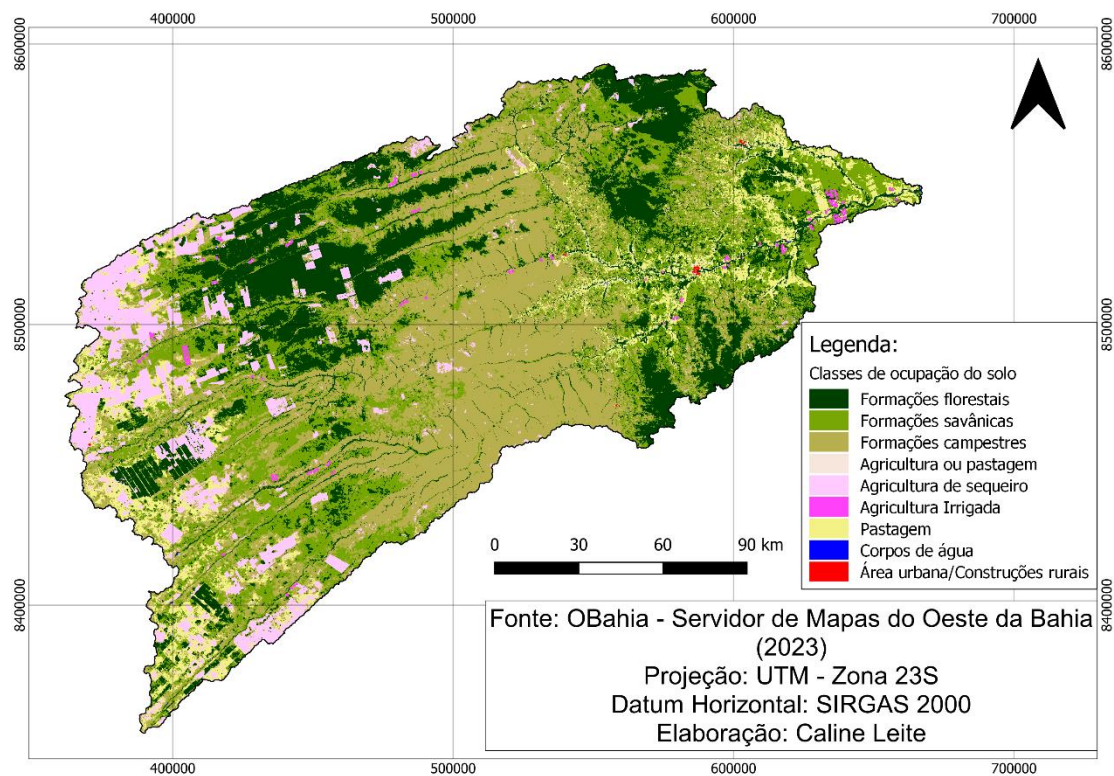


Figura 3-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1993.

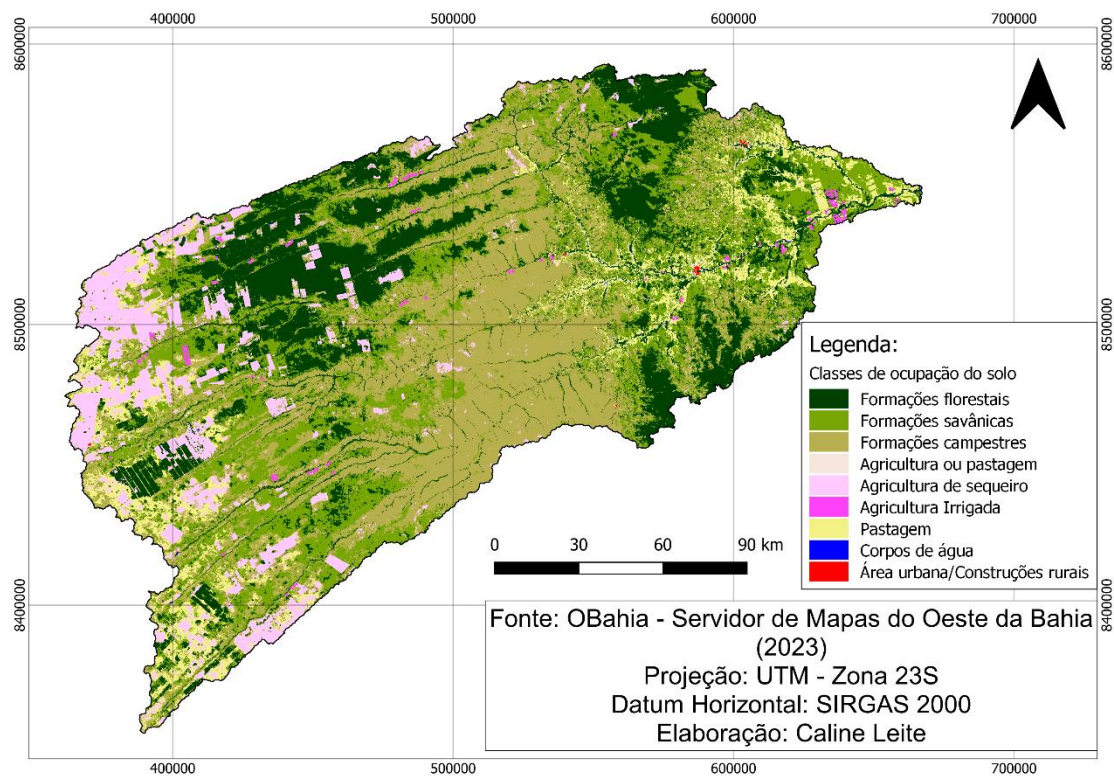


Figura 4-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1994.

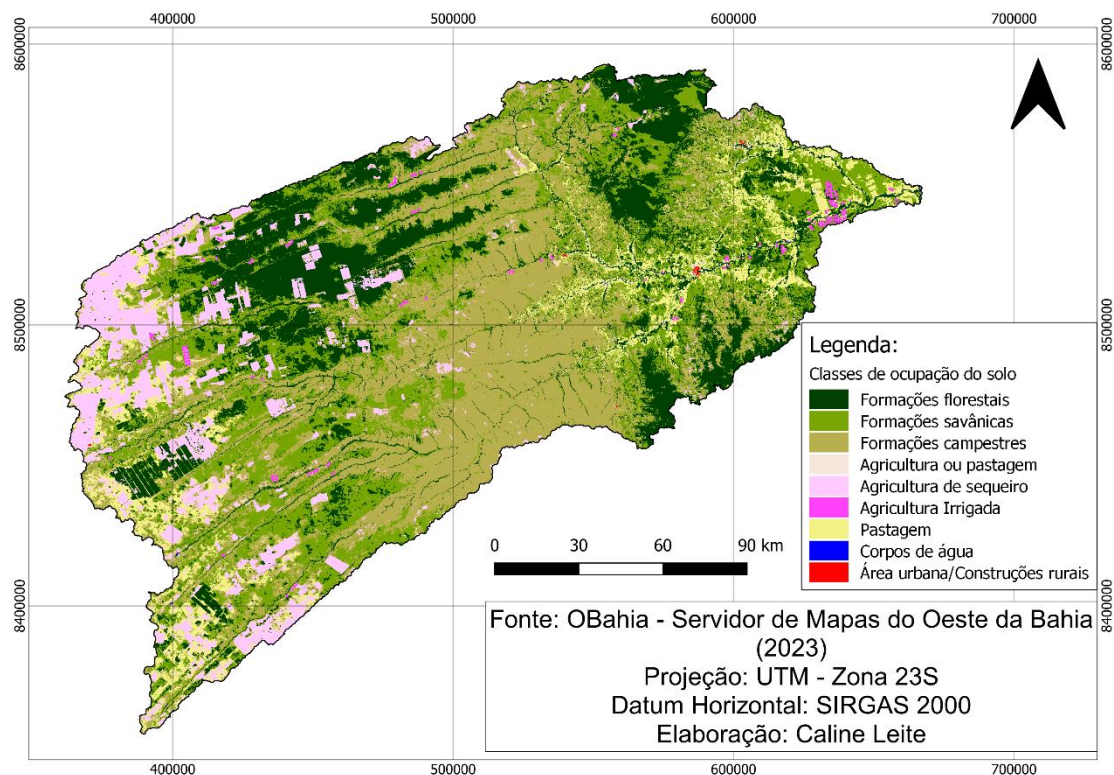


Figura 5-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1996.

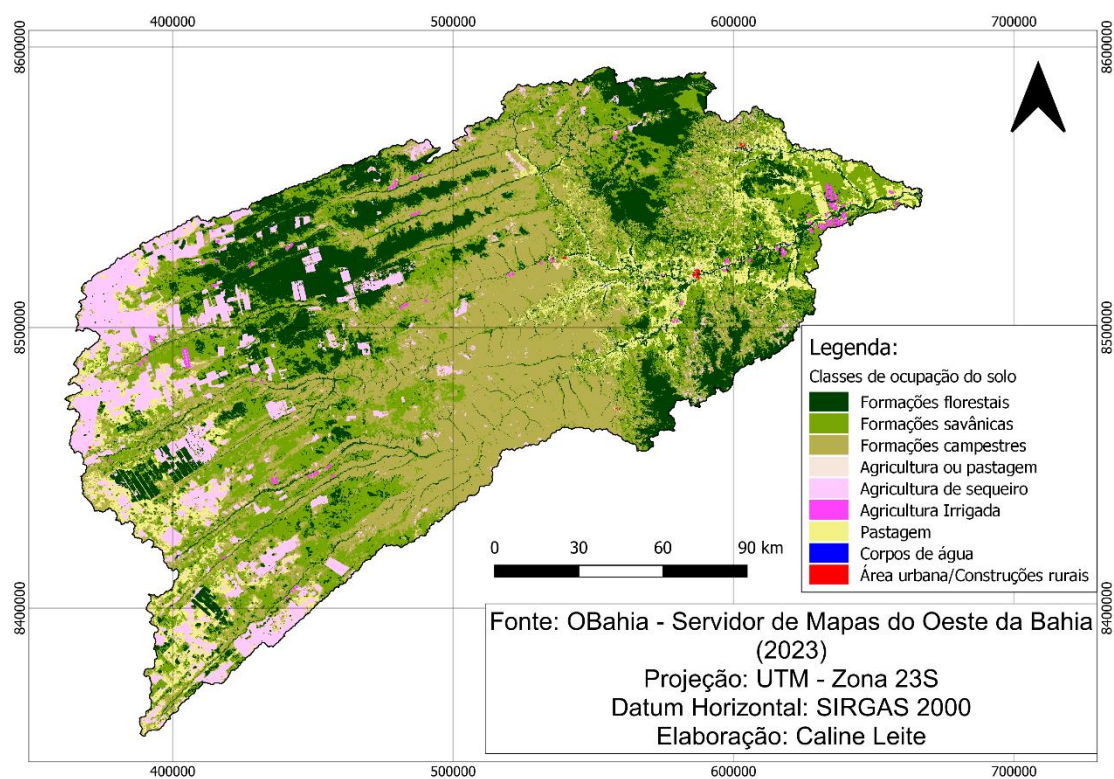


Figura 6-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1997.

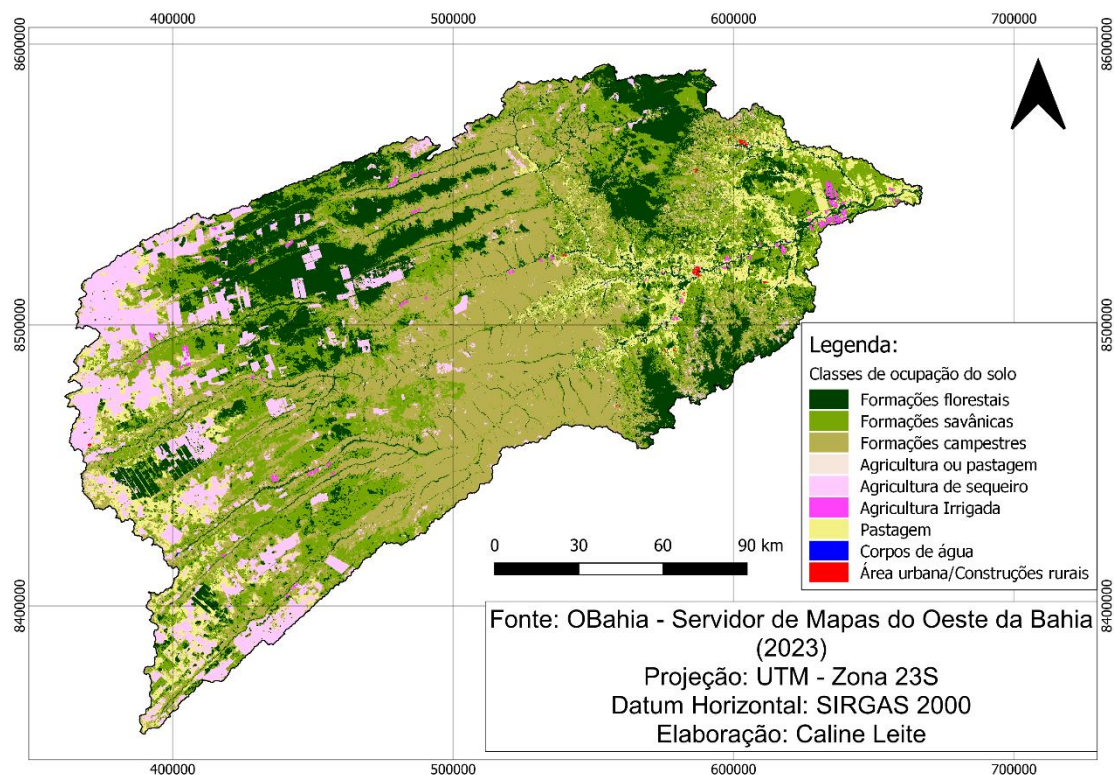


Figura 7-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1998

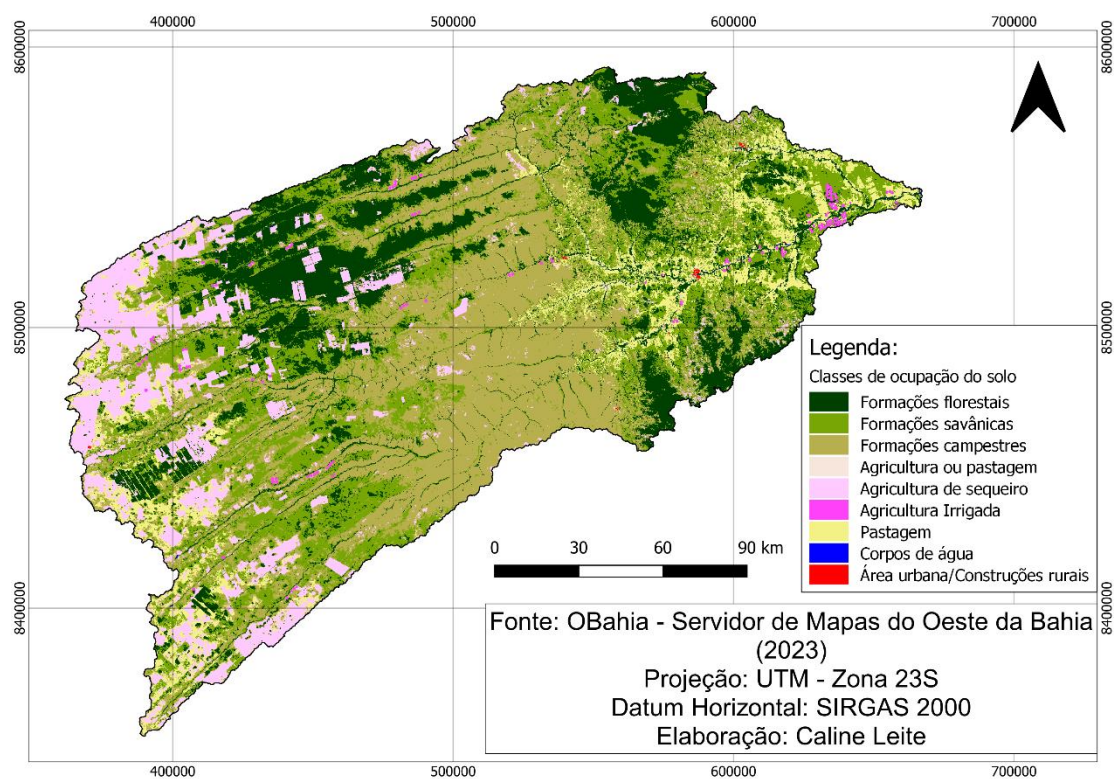


Figura 8-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 1999.

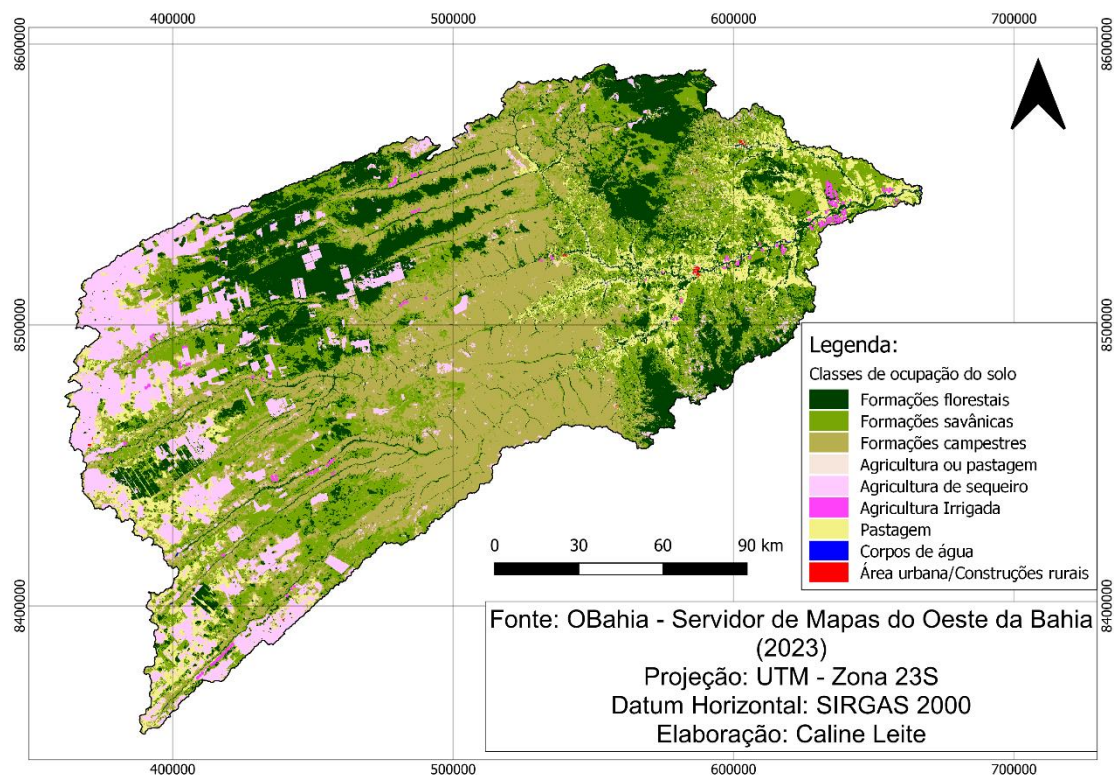


Figura 9-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2001.

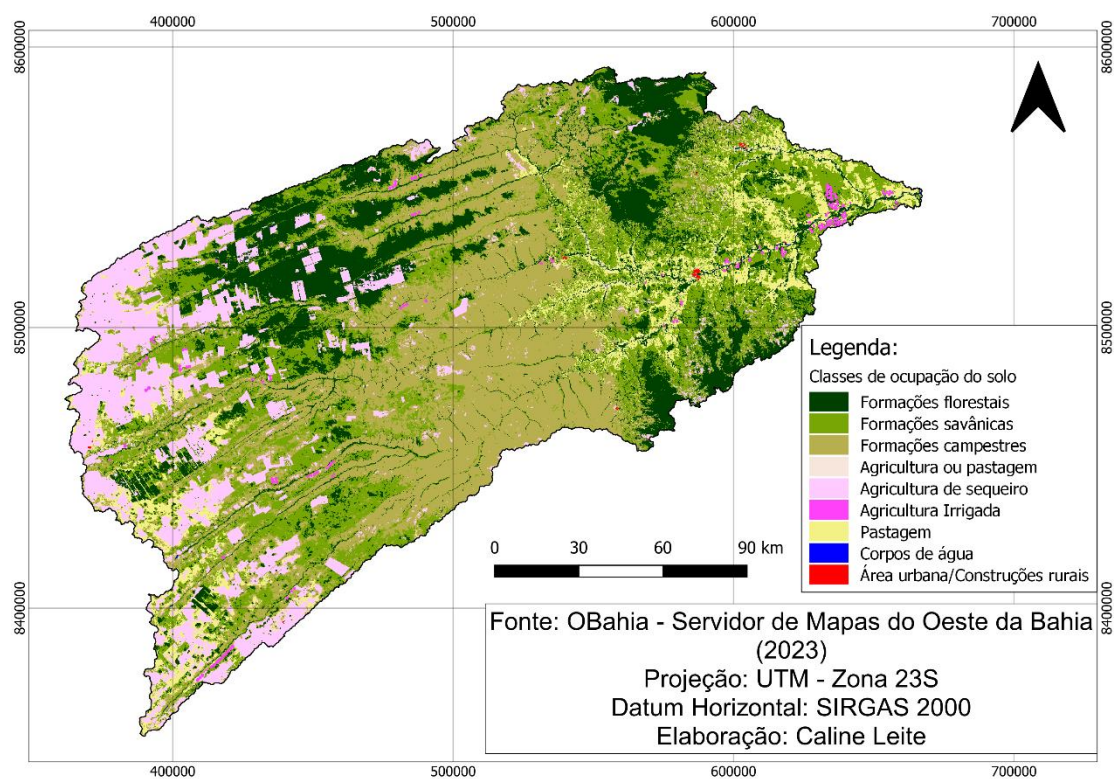


Figura 10-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2002.

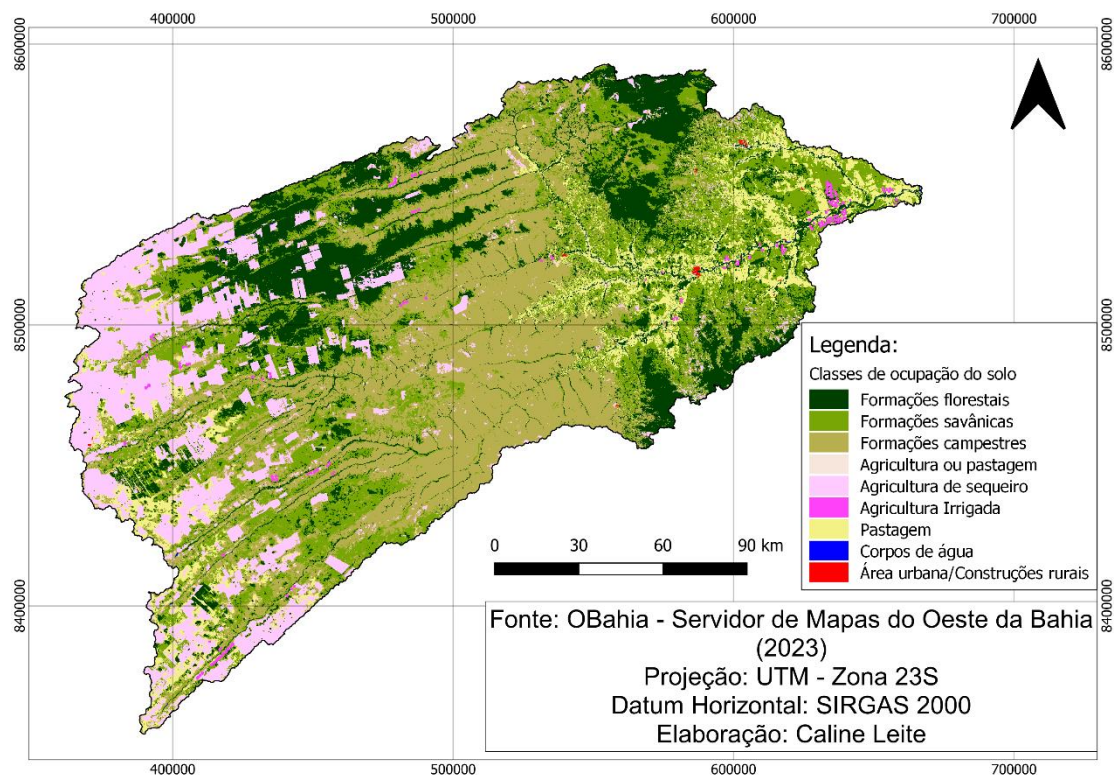


Figura 11-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2003.

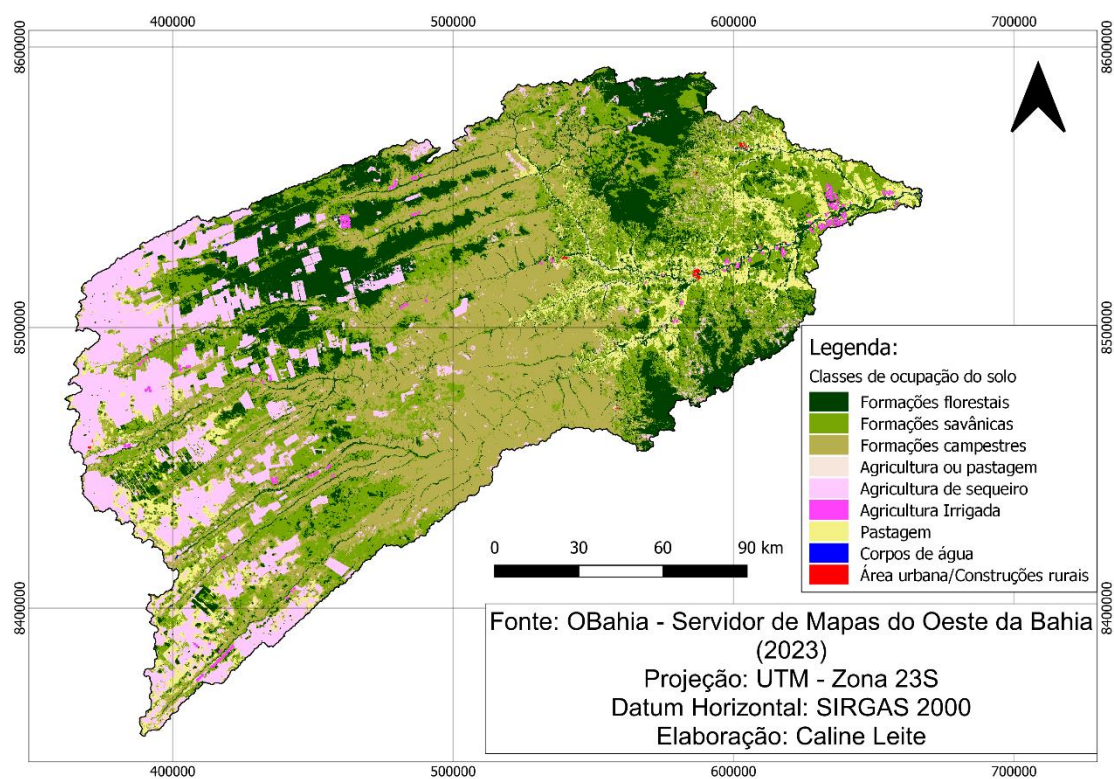


Figura 12-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2004.

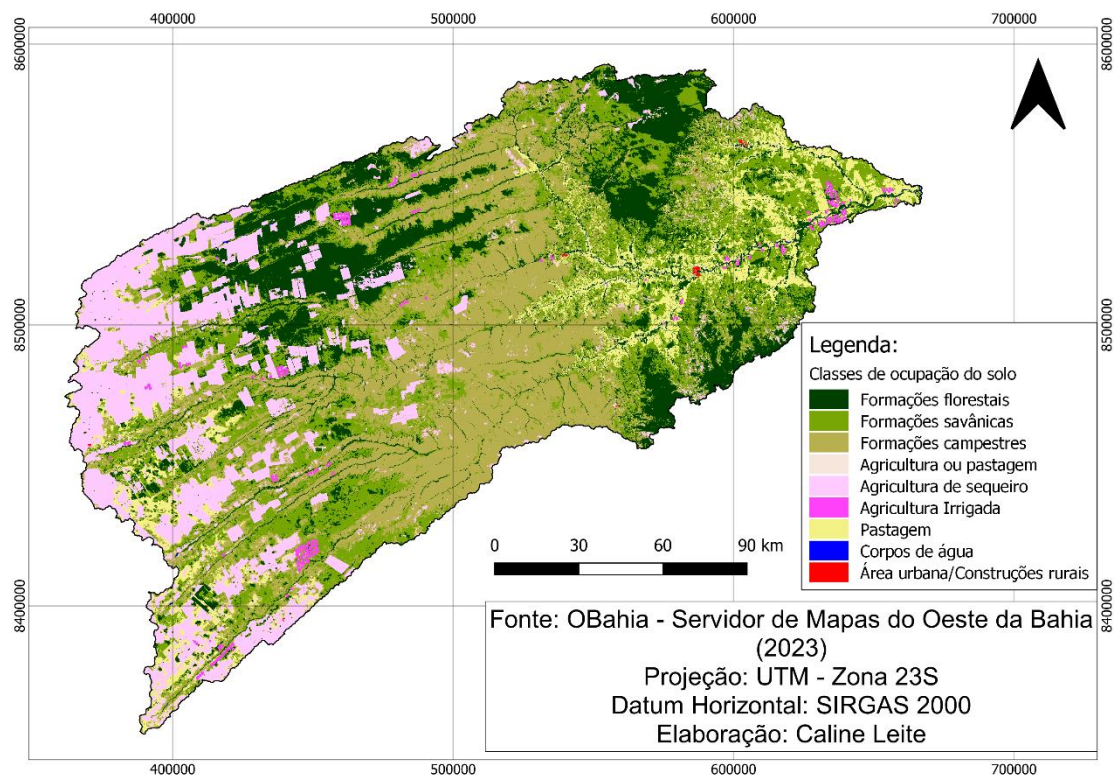


Figura 13-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2006.

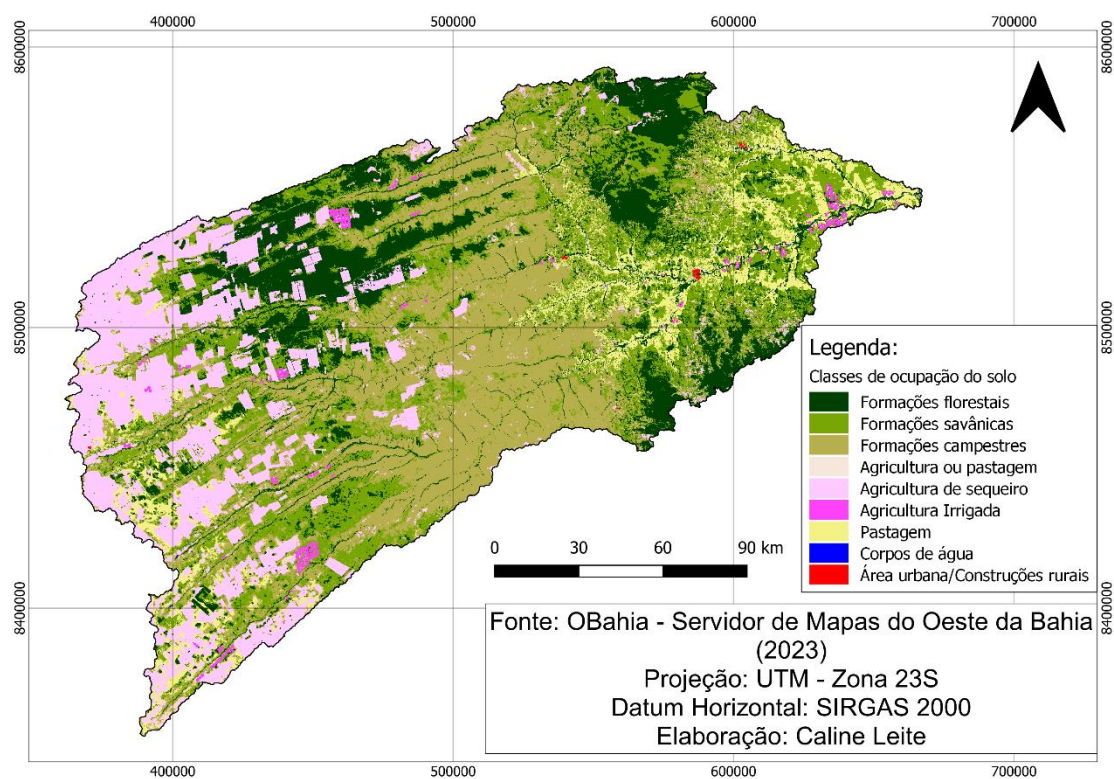


Figura 14-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2007.

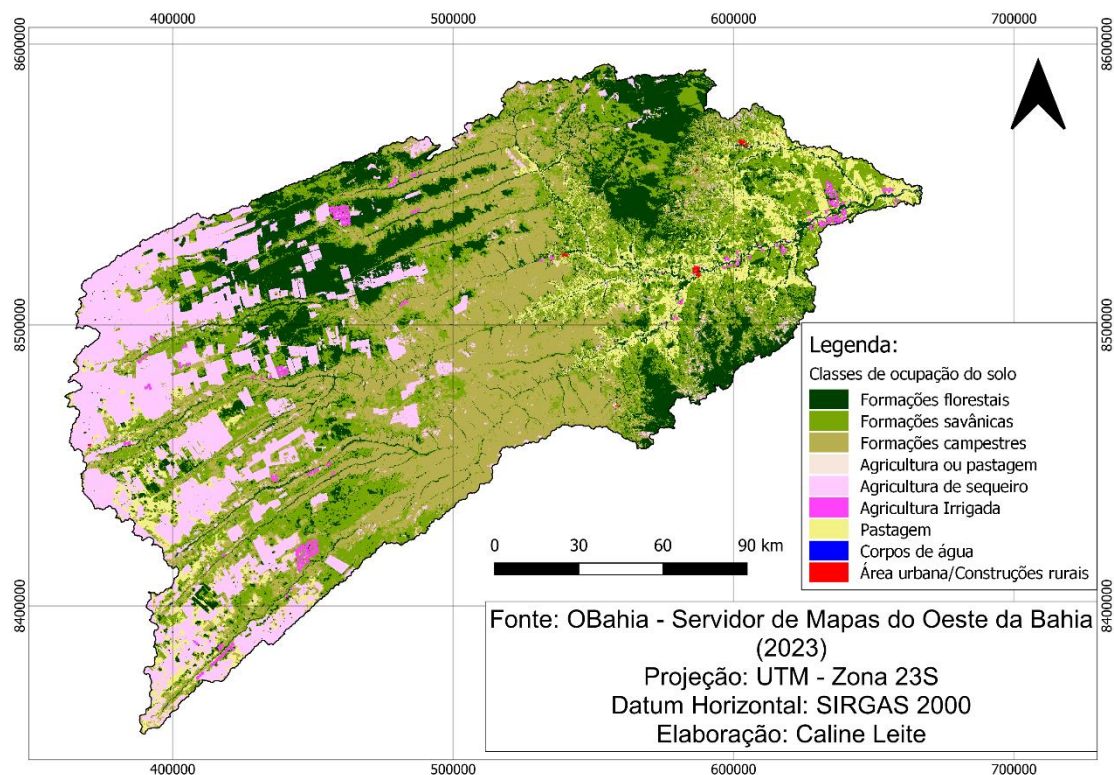


Figura 15-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2008.

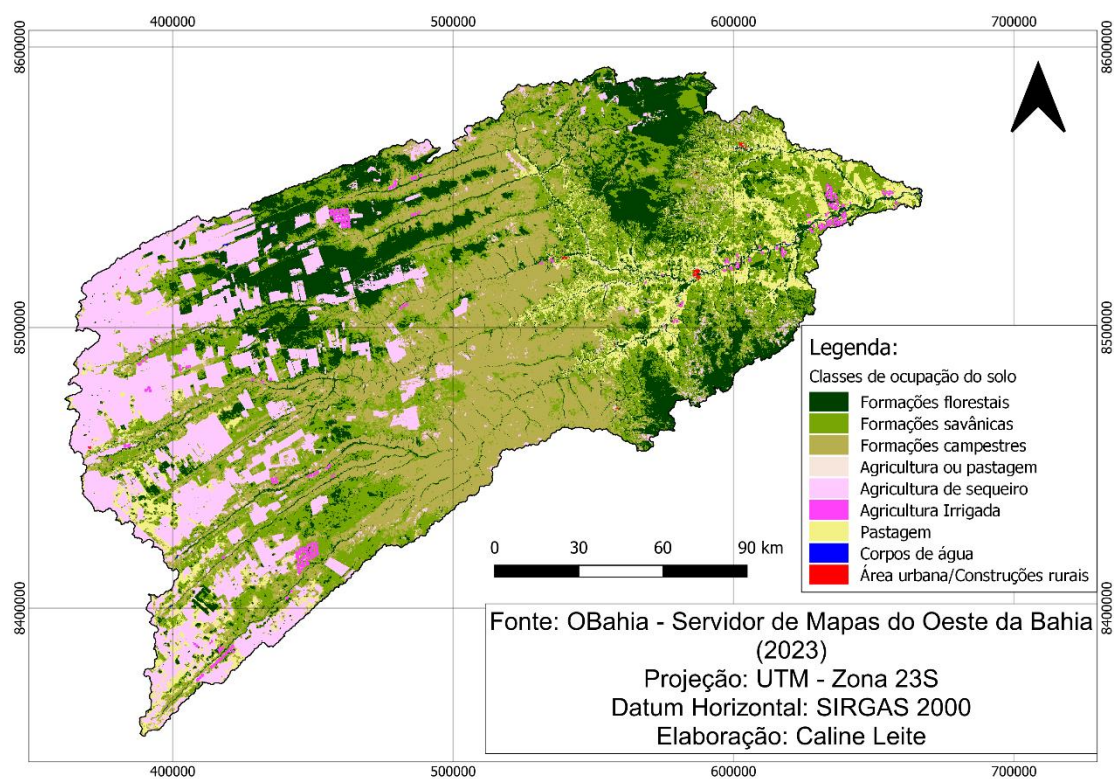


Figura 16-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2009.

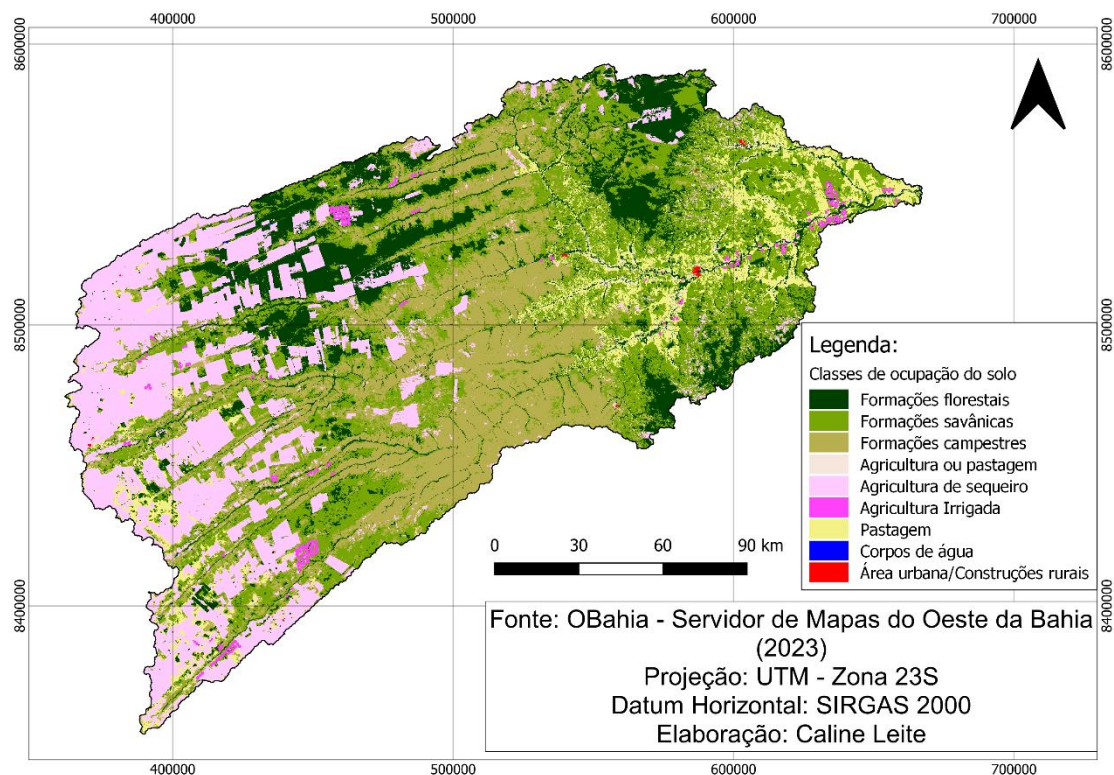


Figura 17-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2011.

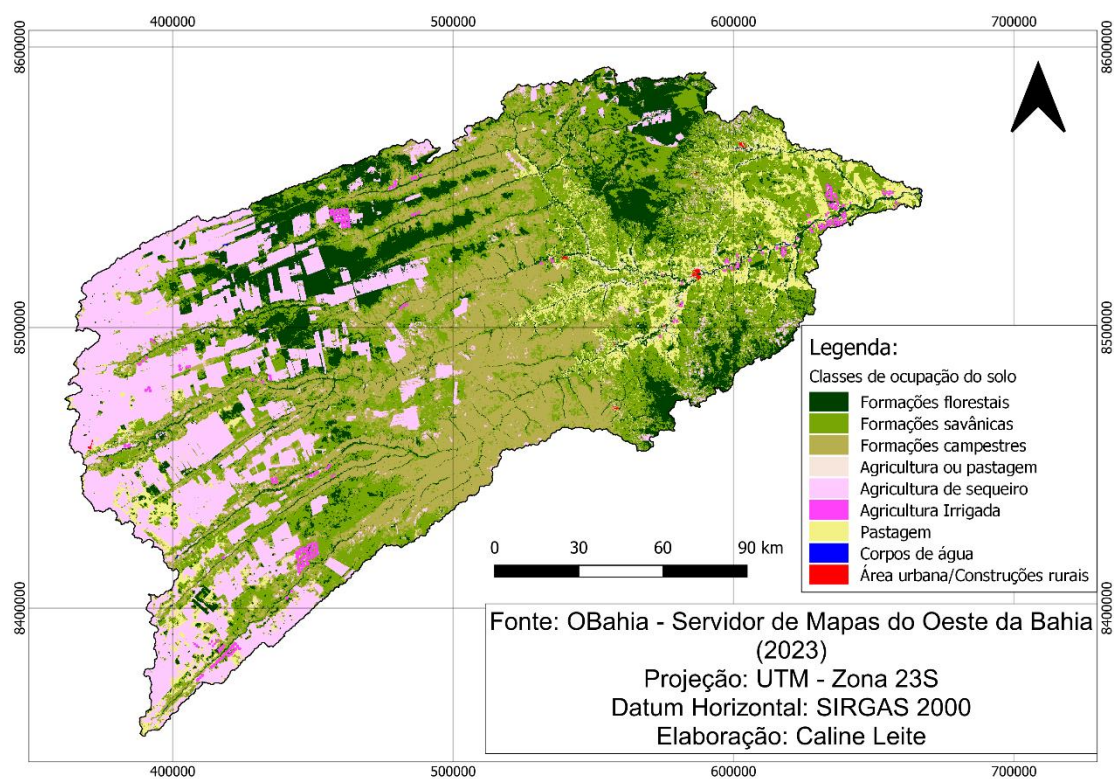


Figura 18-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2012.

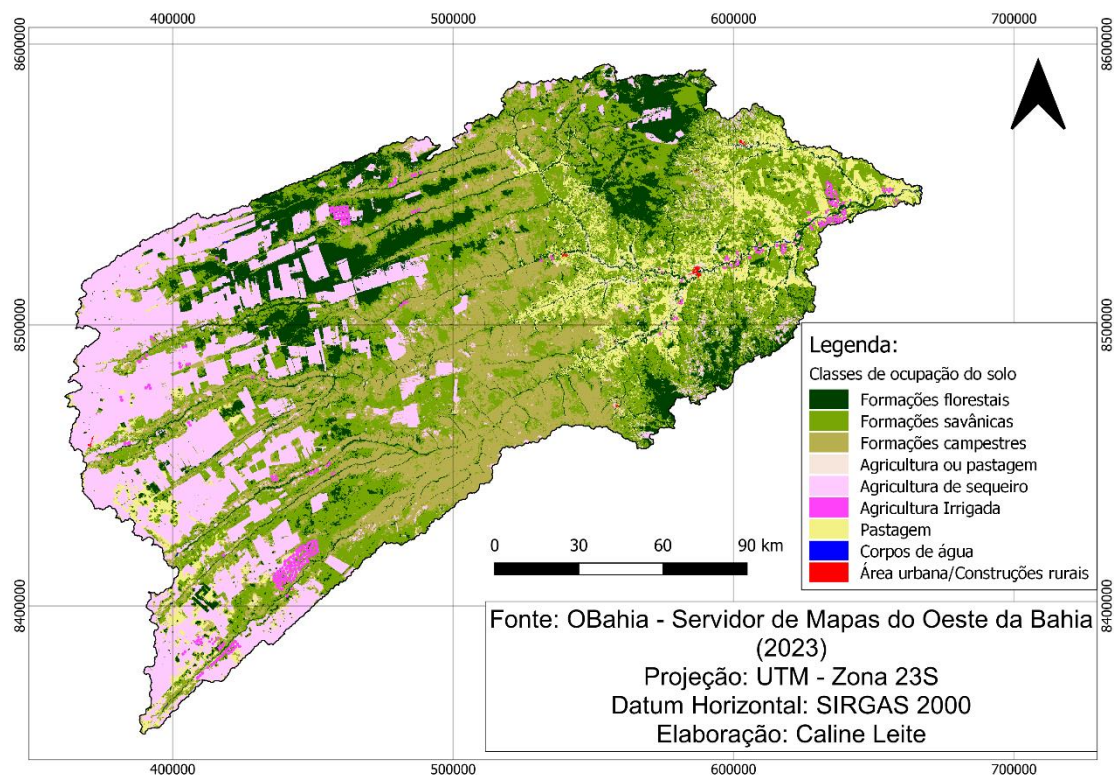


Figura 19-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2013.

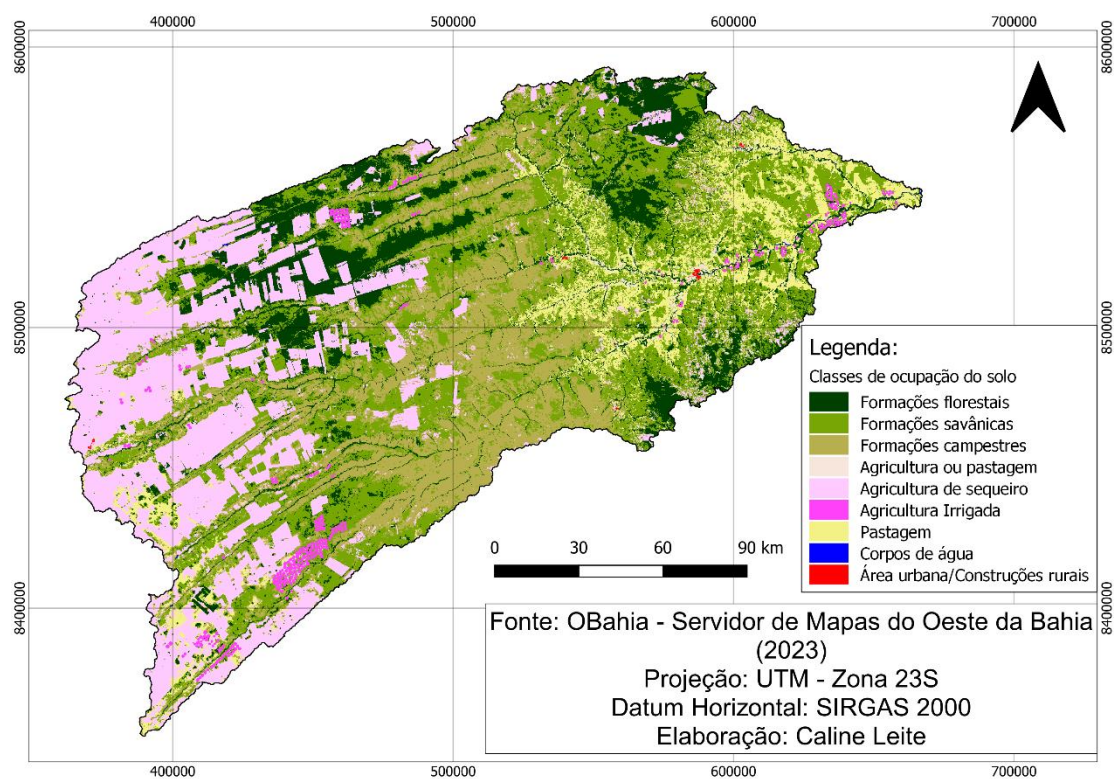


Figura 20-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2014.

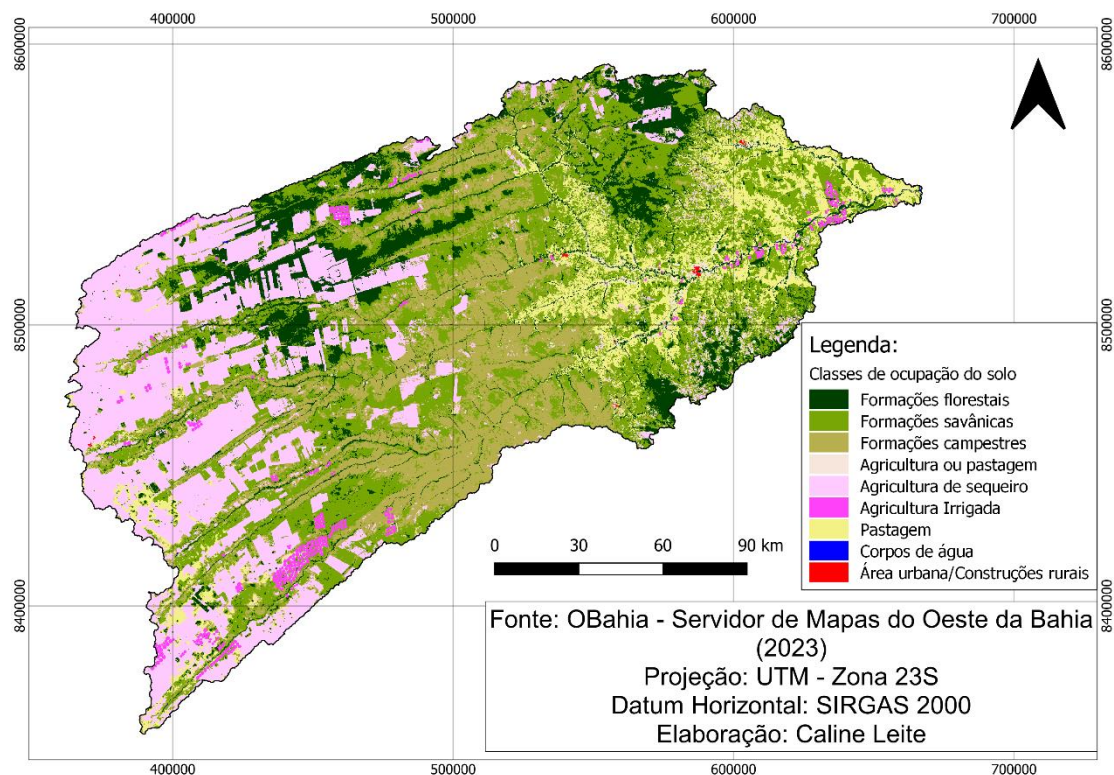


Figura 21-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2016.

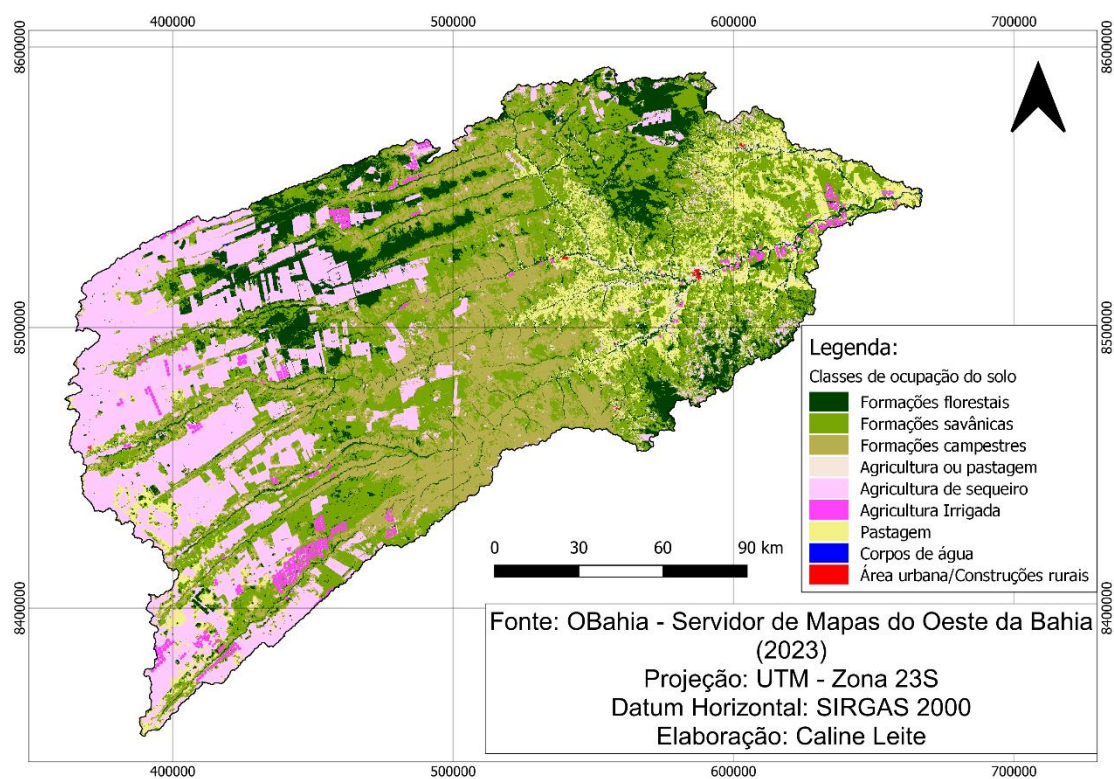


Figura 22-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2017.

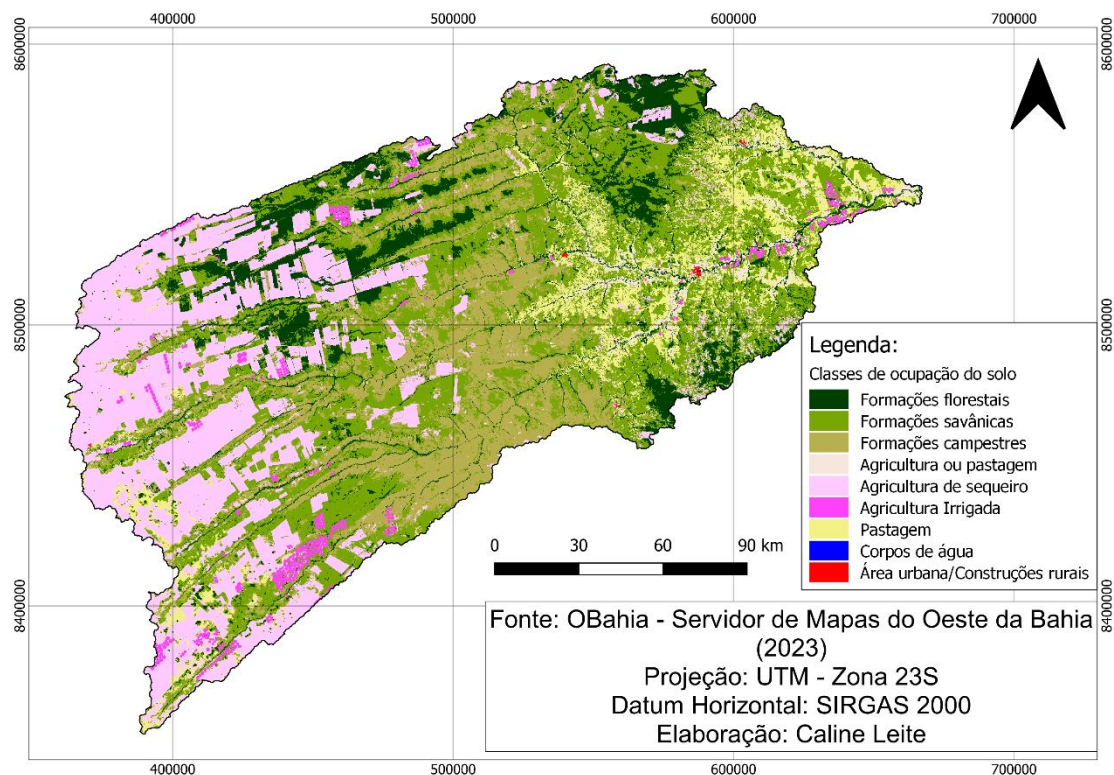


Figura 23-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2018.

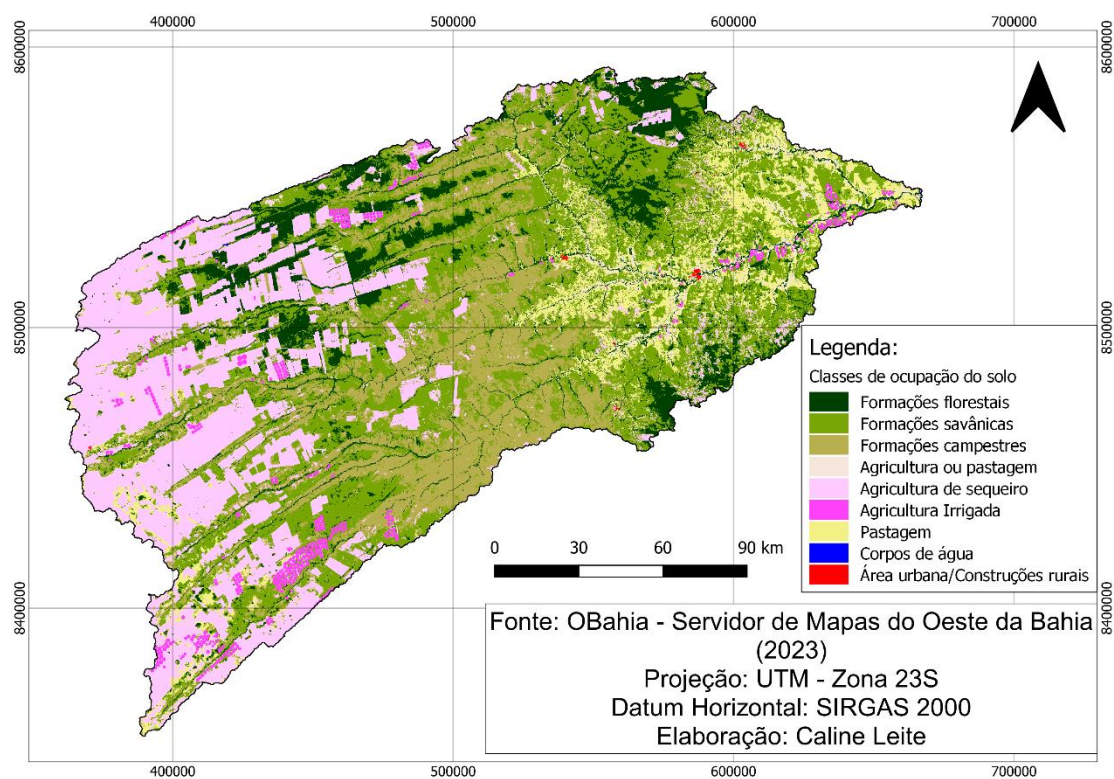


Figura 24-D – Uso e ocupação do solo para a bacia do rio Corrente, 2019.

APÊNDICE E

Tabela 1-E: Evolução das áreas, em km², de diferentes classes de uso e ocupação do solo da bacia do rio Corrente para o período de 1990 a 2020.

Ano	Formações Florestais	Formações Savânicas	Formações campestres	Agricultura ou pastagem	Agricultura de sequeiro	Agricultura irrigada	Pastagem	Corpos d'água	Área Urbana
1990	7636,91	9551,65	11980,49	173,38	2149,60	64,36	2540,06	12,48	9,78
1991	7631,86	10012,67	11355,96	165,83	2433,10	82,94	2414,49	12,23	9,64
1992	7549,53	9488,42	11566,97	130,96	2604,80	116,63	2636,87	12,65	11,87
1993	7521,30	9453,92	11433,65	122,73	2717,58	122,32	2723,07	12,67	11,48
1994	7504,35	10037,74	10725,86	110,17	2816,97	128,82	2771,97	12,59	10,27
1995	7356,82	10048,47	10659,88	105,18	2936,21	142,51	2843,45	12,53	13,66
1996	7104,61	10083,58	10666,09	103,27	3121,62	143,86	2872,81	12,47	10,41
1997	6847,57	9780,89	10959,41	89,14	3360,96	140,62	2915,56	12,74	11,81
1998	6700,69	9365,34	11241,41	73,85	3553,04	136,01	3011,58	12,55	24,23
1999	6693,12	9372,92	11145,08	77,18	3665,20	136,39	3002,63	12,91	13,27
2000	6621,94	9538,55	10915,13	77,34	3800,07	153,97	2983,79	12,85	15,07
2001	6631,39	9784,01	10492,93	86,77	4070,13	147,76	2881,78	12,66	11,30
2002	6452,06	9636,99	10459,02	86,07	4488,89	149,24	2820,41	12,39	13,64
2003	6429,17	9267,43	10494,60	74,10	4850,02	148,77	2824,66	13,08	16,88
2004	6399,33	9259,58	10236,19	79,11	5116,25	166,45	2832,01	14,20	15,60
2005	6347,53	9400,71	9896,96	76,37	5280,96	210,99	2878,09	14,26	12,84
2006	6272,43	9279,63	9818,03	74,29	5484,37	223,60	2938,95	14,29	13,12
2007	6211,24	9167,93	9733,93	71,65	5767,59	239,08	2895,89	14,26	17,14
2008	6207,53	9102,18	9537,88	73,09	6082,63	240,16	2840,26	14,23	20,76
2009	6111,10	9517,78	9028,48	91,58	6324,86	231,44	2786,10	14,25	13,13
2010	5791,05	9952,78	8506,79	120,05	6822,37	233,90	2662,01	14,18	15,57
2011	5312,44	10477,83	8034,09	166,89	7229,25	241,54	2626,00	13,97	16,71
2012	5160,90	10809,84	7537,75	210,36	7444,26	247,05	2677,37	13,99	17,19
2013	4919,55	11126,12	6769,18	261,89	7574,42	311,89	3125,08	14,18	16,41

2014	4773,68	11202,03	6443,83	313,11	7806,09	374,14	3177,12	14,10	14,62
2015	4394,68	11193,35	6434,38	362,80	7927,48	422,56	3354,37	13,87	15,23
2016	4208,97	11235,83	6346,46	413,82	8066,80	461,01	3355,91	13,67	16,23
2017	4206,42	11416,06	6192,94	540,85	8020,43	524,80	3187,76	13,50	15,96
2018	4060,19	11784,81	6114,07	775,72	8030,05	551,24	2772,01	12,85	17,77
2019	3916,41	11698,05	6153,57	621,00	8362,23	599,84	2733,92	13,59	20,11
2020	3820,92	11595,80	6156,42	604,69	8999,93	651,14	2254,72	14,27	20,83