

APÊNDICES

APÊNDICE A

PROPOSTAS DE ZONEAMENTO PARA O GERENCIAMENTO DOS RISCOS DE DESASTRES INSTALADOS E CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (e alterando, entre outras a Lei Federal 10.257/2001 – Estatuto da Cidade), a Carta de Aptidão à Urbanização, derivada do mapeamento geotécnico de suscetibilidade a eventos geológicos e hidrológicos, é obrigatória para os municípios que apresentem riscos ambientais em seu território, constando entre os requisitos mínimos para a obtenção de recursos federais para prevenção de desastres. A proposta de zoneamento desenvolvida apresenta sugestões de regramentos para orientar a ocupação urbana no município, amparando eventuais ampliações do perímetro urbano com um macrozoneamento que represente as restrições territoriais à expansão urbana. Este produto, com finalidade análoga à da Carta de Aptidão à Urbanização, tem como finalidade subsidiar o planejamento do ordenamento urbano, evitando o surgimento de novas áreas de risco pela ocupação de áreas suscetíveis.

As Cartas de Aptidão, neste contexto, visam “o fornecimento de informações que orientem o parcelamento do solo no processo de uso e ocupação, de forma equilibrada com a condição de suporte do meio físico, evitando-se os riscos e as consequências dos desastres” (Diniz & Freitas, 2013 *apud*. NOGUEIRA et. al, 2017). São de especial importância enquanto referência para o licenciamento de novos projetos de parcelamento dos terrenos, bem como para a preparação do planejamento e recuperação de áreas já parceladas, mas de urbanização precária, ou apresentando condições de risco (NOGUEIRA et. al, 2017). A Cartografia Geotécnica, que engloba a produção das Cartas de Aptidão, envolve, na definição de Prandini *et al* (1995), produtos cartográficos que articulam o conhecimento geológico aplicado para o enfrentamento preventivo dos problemas que possam surgir do uso e ocupação desordenados do solo, representando as limitações territoriais para a implantação de novos assentamentos e atividades.

Dessa forma, A Carta de Aptidão, enquanto exemplo de carta geotécnica, sintetiza o conhecimento sobre o meio físico e seus processos atuantes (geo) em uma determinada área, de modo a subsidiar o estabelecimento de medidas para a adequada ocupação do solo (técnica) (NOGUEIRA et. al 2017). Partindo desta conceituação inicial, em 2011 os Ministérios responsáveis pela aplicação do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres (PNGRD), com apoio de especialistas, estabeleceram o consenso mínimo em torno da metodologia e escala de mapeamento para responder às diversas exigências da Lei 12.608/2012. Contudo, não se deve considerar as informações da presente proposta de zoneamento como indicações que possam fundamentar decisivamente ações de licenciamento ambiental, para as quais o mapa deve ser utilizado apenas subsidiariamente.

2 METODOLOGIA

Abaixo é detalhado o processo de obtenção da Proposta de Zoneamento para o Gerenciamento de Riscos de Desastres, partindo-se de mapeamento geotécnico e outros insumos.

2.1 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Objetivando a elaboração de uma proposta de zoneamento para gerenciamento dos riscos no município, foi elaborado mapa das unidades geotécnicas, associando: 1) dados geológico-geomorfológicos organizados no 3º nível de classificação do plano de informação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) e 2) suscetibilidade a eventos geológicos calculada também nas UBCs em escala 1:10.000.

Nas diferentes unidades delimitadas foram realizados ensaios SPT e de cisalhamento direto que permitissem apreender a espacialidade das características geológico-geotécnicas que foram representadas no mapeamento. A partir das correlações encontradas, e dos critérios definidos no Termo de Referência do contrato, buscou-se definir as classes que correspondem à viabilidade dos terrenos à implantação das tipologias urbanas de uso do solo.

Para a obtenção da carta a partir destas bases, alguns procedimentos foram seguidos. Neste sentido, importa mencionar a filtragem da suscetibilidade a eventos geológicos considerando critério de área em função da escala dos dados. Nesta, os polígonos com área menor que 500m² foram dissolvidos em áreas adjacentes que respeitassem a condição. Os polígonos resultantes foram ainda reclassificados quanto à suscetibilidade, passando das cinco classes originais às três classes utilizadas na classificação geotécnica realizada, a saber: Nula; Baixa e Média; e Alta e Muito Alta.

Assim preparadas as bases, passou-se a 1) subdivisão das unidades geológico-geomorfológicas pelas suscetibilidades geológicas; 2) inserção de novas unidades geotécnicas referentes aos cursos d'água e elementos antrópicos selecionados (Estações de Tratamento de Água ou Esgoto, Mineração de Areia ou Rocha) e 3) ajustes finais – nos quais as Planícies de Deposição Marinha receberam valores nulos para a suscetibilidade a processos geológicos, as Planícies de Depósito Fluvial com suscetibilidade alta e muito alta passaram a integrar a classe de Coberturas Coluvionares e polígonos contíguos aos rios passaram a Planície de Depósito Fluvial.

Ao final, representou-se com sobreposição de camadas a suscetibilidade hidrológica e os limites das classes de solo hidromórficos (indicativos de terrenos suscetíveis a processos de colapso). Ainda, na versão desta carta apresentada e folhas articuladas (atlas) foram representadas também as áreas de atingimento do processo de corrida de massa. Por fim, a caracterização das unidades foi complementada pela realização dos ensaios SPT e de cisalhamento direto realizados durante a etapa de mapeamento de riscos em escala de detalhe.

2.2 ZONEAMENTO PARA O GERENCIAMENTO DOS RISCOS DE DESASTRES INSTALADOS

A proposta de zoneamento aqui descrita, fruto da classificação do território de Joinville segundo sua aptidão à urbanização, apresenta sugestões e indicações para limitar a ocupação em áreas de risco. Dito isso, foi elaborado uma proposta voltada à classificação dos graus de risco de desastres na zona urbanizada, com o objetivo de orientar o gerenciamento dos riscos já instalados.

Parte-se, para isso, das suscetibilidades frente a processos hidrológicos e de movimentos de massa, calculadas para o mapeamento em 1:10.000 e correlacionadas para a classificação em três classes: (1) Zonas sujeitas a medidas de controle simples, (2) Zonas sujeitas a medidas de controle moderadas e (3) Zonas sujeitas a medidas de controle complexas. As correlações entre as diferentes classificações e o zoneamento resultante das associações são apresentados no **Quadro 2.2-1**.

Como critérios complementares, foram consideradas as Unidades de Conservação em território municipal, desconsiderando-se suas Zonas de Amortecimento (**Quadro 2.2-2**), bem como as Áreas de Preservação Permanente e Faixas Não Edificáveis referentes a corpos hídricos, com as metragens estabelecidas pelo Código Florestal (Lei Federal 12.651/2012) e detalhadas segundo a Lei Complementar 551 de 20 de dezembro de 2019, que prevê o detalhamento necessário para o perímetro urbano do município. Os dados referentes a este regramento, que acompanha os resultados do Levantamento Hidrográfico Municipal e dos Diagnósticos Socioambientais por Microbacia Hidrográfica – DSMH (PMJ, 2024), constam na

plataforma SIMGEO e foram obtidos junto à prefeitura. Estes locais foram agrupados como Área com restrição legal e representados no mapa com hachura.

Cabe mencionar que se fez necessária a consideração das APPs, justificando-se pelo resguardo frente os riscos biológicos nas áreas urbanas, como a leptospirose, tecnológicos (pela probabilidade de contaminação de água), geológicos (pela probabilidade de solapamento de margens) e hidrológicos (pela inundação de locais que são naturalmente atingidos pela elevação do nível dos rios). Ainda, foi indicado pela equipe da prefeitura a inserção das APPs de topo de morro, identificadas no Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMJ, 2020). As áreas de manguezal foram classificadas da mesma forma (Área com restrição legal), não apenas pela determinação legal do Código Florestal (Lei 12.651/2012), mas também pelo critério de suscetibilidade aos processos de inundação.

Quadro 2.2-1 - Correlações entre as unidades geotécnicas e as suscetibilidades a movimentos de massa e processos hidrológicos para obtenção do Zoneamento para o Gerenciamento dos Riscos de Desastres Instalados.

Zoneamento para o Gerenciamento dos Riscos de Desastres Instalados	Suscetibilidade a Movimentos de Massa	Suscetibilidade a Processos Hidrológicos
Zonas sujeitas a medidas de controle simples - ZS	Nulo e Baixo / Nulo / Não se aplica	Nula
Zonas sujeitas a medidas de controle moderadas - ZM	Médio e Baixo	Média / Baixa / Nula
	Nulo e Baixo / Nulo / Não se aplica	Média / Baixa
Zonas sujeitas a medidas de controle complexas - ZC	Alto e Muito Alto	Alta / Média / Baixa / Nula
	Alto e Muito Alto / Baixo e Médio / Nulo e Baixo / Nulo / Não se aplica	Alta

Fonte: Elaboração do Consórcio

Quadro 2.2-2. - Relação das Unidades de Conservação em território municipal dentro do perímetro urbano, utilizadas para a definição da Área com restrição legal.

Categoria	Nome	Grupo
Parque Municipal	Caieira	Proteção Integral
Parque Municipal	Morro do Finder	Proteção Integral
Área de Proteção Ambiental	Serra Dona Francisca	Uso Sustentável
Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE	Morro do Iriú	Uso Sustentável
Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE	Morro do Boa Vista	Uso Sustentável

Fonte: Elaboração do Consórcio.

Assim, de modo geral as classes de zoneamento apresentadas são compreendidas segundo as definições:

- **Zonas sujeitas a medidas de controle simples - ZS:** Áreas mais adequadas para a urbanização em função de não estar suscetível a inundações e os riscos geológicos serem facilmente prevenidos, com viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental;
- **Zonas sujeitas a medidas de controle moderadas - ZM:** Áreas atingidas por inundações, com alguma restrição quanto a viabilidade técnica, socioeconômica ou ambiental para a ocupação. Necessitando de estudos detalhados para a implantação de medidas de prevenção e mitigação e/ou convivência com o risco;
- **Zonas sujeitas a medidas de controle complexas - ZC:** Áreas atingidas por inundações ou riscos geológicos, onde a solução possui maior complexidade técnica, socioeconômica ou ambiental para eliminar ou mitigar o problema. Necessita de maior controle das atividades e imposições de limitações. Necessitando de estudos

detalhados que comprovem a viabilidade para a implantação de medidas de prevenção e mitigação e/ou convivência com o risco. Ocupação controlada ou não recomendada (realocação) em função dos resultados dos estudos detalhados.

Para prover o mapeamento da correta consideração sobre o risco geológico no território, as classes acima descritas foram adaptadas frente o risco de escorregamento, solapamento e erosão, mapeados em 1:3.000. A sobreposição destes polígonos permitiu que áreas anteriormente classificadas como ZS fossem reclassificadas como ZM. O risco Médio (R2) figura como indicativo da necessidade de monitoramento, e requer a atenção por parte do poder público na gestão destas áreas, contudo, sem necessidade de intervenção com medidas estruturais, o que ocorre nos casos das áreas em Risco Alto (R3) e Muito Alto (R4). O procedimento foi adotado de forma adaptada no que se refere aos setores mapeados para processos hidrológicos, com igual classificação entre os setores, consistindo apenas na conversão de ZSs em ZMs.

2.3 CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

Além da proposta de zoneamento apresentar sugestões e indicações para reger a ocupação em áreas de risco instalado (área já urbanizada), ela também pretende subsidiar possíveis expansões do perímetro urbano. Dessa forma, é necessário elaborar uma segunda proposta direcionada às áreas de expansão urbana e à zona rural, com a finalidade de avaliar a aptidão dessas regiões para a urbanização, denominada Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização.

Dessa proposta surgem duas metodologias: a primeira desenvolvida pelo Consórcio, semelhante a proposta de Zoneamento para Gerenciamento dos Riscos de Desastres Instalados, detalhada no item anterior; e a segunda com base na metodologia desenvolvida pela Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano (SEPUR, 2023) do município de Joinville/SC.

2.3.1 CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO (CONSÓRCIO)

Assim como no Zoneamento do perímetro urbano, parte-se das suscetibilidades frente a processos hidrológicos e de movimentos de massa, calculadas para o mapeamento em 1:10.000 e correlacionadas para a classificação em três classes: (1) Alta aptidão à urbanização, (2) Média aptidão à urbanização e (3) Baixa aptidão à urbanização. As correlações entre as diferentes classificações e o zoneamento resultante das associações são apresentados no **Quadro 2.3.1-1**.

Quadro 2.3.1-1 - Correlações entre as unidades geotécnicas e as suscetibilidades a movimentos de massa e processos hidrológicos para obtenção da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização.

Aptidão à urbanização	Suscetibilidade a Movimentos de Massa	Suscetibilidade a Processos Hidrológicos
Alta	Nulo e Baixo / Nulo / Não se aplica	Nula
Média	Médio e Baixo	Média / Baixa / Nula
	Nulo e Baixo / Nulo / Não se aplica	Média / Baixa
Baixa	Alto e Muito Alto	Alta / Média / Baixa / Nula
	Alto e Muito Alto / Baixo e Médio / Nulo e Baixo / Nulo / Não se aplica	Alta

Fonte: Elaboração do Consórcio

Também foram consideradas para Área com restrição legal as Unidades de Conservação em território municipal, desconsiderando-se suas Zonas de Amortecimento (**Quadro 2.3.1-2**), bem como as Áreas de Preservação Permanente, as Faixas Não Edificáveis, e as áreas de manguezal. Da mesma forma, é importante ressaltar que se fez necessária a consideração das APPs, justificando-se pelo resguardo frente os riscos biológicos (devido à presença de vetores locais - risco biológico não-urbano), tecnológicos, geológicos e hidrológicos pelos mesmos motivos do zoneamento nas áreas urbanizadas. Ainda, foi indicado pela equipe da prefeitura a inserção da Bacia Hidrográfica do Itapocuzinho na Área com restrição legal, adequando o mapa às definições do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMJ, 2020), o mesmo ocorrendo com as APPs de topo de morro, identificadas no referido plano.

Quadro 2.3.1-2. - Relação das Unidades de Conservação em território municipal fora do perímetro urbano, utilizadas para a definição da Área com restrição legal.

Categoria	Nome	Grupo
Estação Ecológica	Bracinho	Proteção Integral
Parque Ecológico	Prefeito Rolf Colin	Proteção Integral
Parque Municipal	Caieira	Proteção Integral
Área de Proteção Ambiental	Serra Dona Francisca	Uso Sustentável
Reserva Desenvolvimento Sustentável	Ilha do Morro do Amaral	Uso Sustentável
Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN	Caetezal	Uso Sustentável
Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN	Joinville	Uso Sustentável

Fonte: Elaboração do Consórcio.

Assim, de modo geral as classes de aptidão apresentadas são compreendidas segundo as definições:

- **Alta:** Áreas sem restrições à urbanização ou áreas que foram avaliadas e consideradas estáveis para a construção ou ocupação, levando em conta a geologia e as propriedades do solo, e que não estão sujeitas à inundação;
- **Média:** Áreas com restrições geotécnicas, mas que podem ser ocupadas segundo determinados critérios técnicos e diretrizes. Áreas consolidáveis com intervenções estruturantes, do ponto de vista geológico e/ou hidrológico. Ocupação controlada;
- **Baixa:** Áreas com severas restrições para a ocupação devida a questões hidrológicas e/ou áreas caracterizadas como não consolidáveis do ponto de vista geológico-geotécnico, às quais recomenda-se dar outro tipo de uso devido ao alto custo para a urbanização.

2.3.2 CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO (SEPUR)

Esta Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização foi elaborada com base na metodologia desenvolvida pela Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano (SEPUR, 2023) do município de Joinville/SC, a qual segue as diretrizes do Guia de Procedimentos Técnicos para Elaboração de Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização, publicado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM (2021).

Para isto, realizou-se o levantamento de dados secundários de base cartográfica do município e, sempre que pertinente e possível, foram utilizados os dados atualizados gerados no âmbito do Plano Municipal de Gestão de Risco de Desastres (PMGRD), desenvolvido pelo Consórcio. Cada base cartográfica, denominada condicionante na matriz multicritério, apresenta classificações específicas de acordo com o tema que representa. A cada uma dessas classificações são atribuídos pesos diferentes. A determinação desses pesos foi feita com base em uma análise técnica e nas normas legais que impõem restrições à urbanização, conduzida por uma equipe multidisciplinar da SEPUR. Portanto, os pesos adotados na elaboração dessa carta buscaram seguir a metodologia desenvolvida pela SEPUR.

As condicionantes para a matriz multicritério de Suscetibilidade a Movimento de Massa foram:

- Suscetibilidade a Deslizamento: foi utilizado o mapa gerado, o qual considerou fatores como a declividade do terreno e suas curvaturas vertical e média. As classes de suscetibilidade identificadas nesse mapa variam de Muito Alta a Nula. Para adaptar essa informação à metodologia adotada, as classes Muito Alta e Alta foram agrupadas, assim como as classes Baixa e Nula (**Quadro 2.3.2-1**);

Quadro 2.3.2-1. – Pesos atribuídos à Suscetibilidade a Deslizamento.

Suscetibilidade a Deslizamento	Pesos
Baixa e Nula	1
Média	5
Alta e Muito alta	9

Fonte: Elaboração do Consórcio.

- Carta de Declividade: foi utilizado o Modelo de Declividade que consta na plataforma SIMGEO, com pesos definidos de acordo com SEPUR, 2023 (**Quadro 2.3.2-2**);

Quadro 2.3.2-2. – Pesos atribuídos à Carta de Declividade.

Declividade %	Pesos
< 3	1
3-8	2
8-20	3
20-30	4
30-45	5
45-75	7
> 75	9

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023.

- Grau de Erosão do Solo: foi utilizada a camada de aptidão agrícola que consta nos downloads da plataforma SIMGEO, assim como na metodologia da SEPUR, 2023 (**Quadro 2.3.2-3**);

Quadro 2.3.2-3. – Pesos atribuídos ao Grau de Erosão do Solo.

Grau de Erosão do Solo	Pesos
Nulo	1
Ligeiro	3
Moderado	5
Forte	7
Muito Forte	9

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023.

- Unidades Litológicas: foi utilizado um dos produtos do mapeamento geológico e hidrogeológico realizado em 2019 pela CPRM para o município, que consta nos downloads da plataforma SIMGEO, assim como na metodologia da SEPUR, 2023 (**Quadro 2.3.2-4**);

Quadro 2.3.2-4. – Pesos atribuídos às Unidades Litológicas.

Unidades Litológicas	Pesos
Depósitos antropogênicos/paleoestuarinos/aluvionares/ pântanos e mangues/ eólicos litorâneos e turfeiras	1
Depósitos colúvio-aluvionares	3
Depósitos coluvionares/ Formação Bateias - Membro Rio do Bugre/ Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha	5
Diques e sills de diabásio/ Formação Bateias-Membros S.Bento e Papanduvinha/ Formação Rio Negrinho/ Serra de São Miguel/Gnaisses Granulíticos Luis Alves/ Granitos Dona Francisca e Piraí/ Intrusivas Alcalinas/ Paragnaisses Luis Alves e quartzitos/Suíte Rio da Luz	9

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023.

- Uso da terra: foram utilizadas as Unidades Homogêneas de Uso e Cobertura da Terra e do Padrão de Ocupação (UHCT) com as adaptações necessárias. Esse mapeamento foi realizado nas escalas 1:10.000 e 1:25.000. Devido a essa escala, a classe "Agricultura" não foi subdividida entre culturas permanentes e temporárias, no entanto, os limites da bananicultura e da rizicultura permitiram essa diferenciação pontual. Assim, nas áreas de bananicultura foi atribuída a classificação de cultura permanente, e nas de rizicultura, de cultura temporária. Para as demais áreas classificadas como "Agricultura", adotou-se o peso correspondente à cultura que apresentava maior influência na análise. Por exemplo, caso a cultura permanente tem maior peso, ele foi usado em todas as áreas de agricultura, com exceção da rizicultura (**Quadro 2.3.2-5**).

Quadro 2.3.2-5. – Pesos atribuídos ao Uso da terra.

Uso da terra	Pesos
Manguezais e cultura temporária (rizicultura)	1
Florestas e pastagens	3
Silvicultura	5
Cultura permanente (bananicultura), demais culturas (Agricultura) e áreas urbanizadas	7
Corpos d'água e áreas de mineração	9

Fonte: Elaboração do Consórcio.

As condicionantes para a matriz multicritério de Suscetibilidade a Inundação foram:

- Suscetibilidade a Inundação e Manchas de inundação: diferentemente da metodologia SEPUR (2023), essas duas condicionantes foram agrupadas conforme o **Quadro 2.3.2-6**, no qual foi utilizado o modelo *Hand (Height Above the Nearest Drainage)* – altura acima da drenagem mais próxima), desenvolvido pelo INPE (2015) de 210 cm;

Quadro 2.3.2-6. – Pesos atribuídos com base no Tempo de Retorno e Suscetibilidade

Tempo de retorno (anos)	Suscetibilidade	Pesos
5	Alta	9
10 e 25	Média	7
50	Baixa	3

Fonte: Elaboração do Consórcio.

- Inventário de ocorrências de eventos de inundação: conforme estabelecido na metodologia, foram selecionadas as ocorrências registradas nos anos de 2008, 2011 e 2017. Esses dados, de natureza pontual, foram distribuídos nas áreas correspondentes às bacias hidrográficas do município, e os pesos foram atribuídos de forma equivalente à definida na metodologia; (**Quadro 2.3.2-7**);

Quadro 2.3.2-7. – Pesos atribuídos ao histórico de inundação

Eventos de inundação	Pesos
Área com um evento histórico de inundação	3
Área com dois eventos históricos de inundação	6
Área com três eventos históricos de inundação (2008, 2011 e 2017)	9

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023.

- Grau de Drenagem do Solo: foi utilizada a camada de aptidão agrícola que consta nos downloads da plataforma SIMGEO, assim como na metodologia da SEPUR, 2023 (**Quadro 2.3.2-8**);

Quadro 2.3.2-8. – Pesos atribuídos ao Grau de Drenagem do Solo.

Classe	Tipo de solo	Descritivo	Pesos
Pouco drenados	Neossolos; argissolos; nitossolos	Relevo fortemente ondulado ou mais acidentado	1
Bem drenados	Cambissolos háplico	Relevo ondulado	3
Imperfeitamente drenados	Cambissolos háplico e flúvico	Relevo plano	5
Mal drenados	Gleissolos, planossolos, espodossolos	Fácil alagamento: lençol freático aflorado	7
Muito mal drenados	Organossolos húmico, solos indiscriminados de mangue	Alagamento de longa duração	9

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023.

- Vulnerabilidade Hídrica – metodologias GODS e DRASTIC: foi utilizado um dos produtos do mapeamento geológico e hidrogeológico realizado em 2019 pela CPRM para o município, que consta nos downloads da plataforma SIMGeo, assim como na metodologia da SEPUR, 2023 (**Quadro 2.3.2-9**);

Quadro 2.3.2-9. – Pesos atribuídos à Vulnerabilidade hídrica.

GODS	DRASTIC	Pesos
Insignificante	Baixo	1
Baixo	Insignificante	1
Baixo	Baixo	2
Médio	Insignificante	3
Baixo	Médio	4
Médio	Baixo	4
Médio	Médio	5
Alto	Insignificante	6
Alto	Baixo	7
Baixo	Alto	7
Médio	Alto	8
Alto	Médio	8
Alto	Alto	9

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023.

- Uso da terra: foram utilizadas as Unidades Homogêneas de Uso e Cobertura da Terra e do Padrão de Ocupação (UHCT), com as adaptações necessárias. Como já abordado anteriormente, não houve uma subdivisão na classe "Agricultura" entre culturas permanentes e temporárias. Assim como na matriz multicritério de Suscetibilidade a Movimento de Massa, foram utilizados os limites da bananicultura e da rizicultura, disponíveis no Produto 2, para permitir essa diferenciação pontual: nas áreas de bananicultura foi atribuída a classificação de cultura permanente, nas de rizicultura, de cultura temporária, nas demais áreas classificadas como "Agricultura", adotou-se o peso correspondente à cultura que apresentava maior influência na análise. Por exemplo, se a cultura temporária tem maior peso, esse valor foi aplicado a toda a classe "Agricultura", exceto nas áreas de bananicultura (**Quadro 2.3.2-10**).

Quadro 2.3.2-10. – Pesos atribuídos ao Uso da terra.

Uso da terra	Pesos
Florestas e Silvicultura	6
Cultura permanente (bananicultura)	7
Cultura temporária (rizicultura), demais culturas (Agricultura), pastagens e áreas urbanizadas	8
Corpos d'água, áreas de mineração e Manguezais	9

Fonte: Elaboração do Consórcio.

Após as classificações as camadas que eram vetoriais foram convertidas em matricial (*raster*) e todas foram normalizadas.

Com o objetivo de seguir fielmente a metodologia desenvolvida pela SEPUR (2023), foram mantidos os mesmos pesos atribuídos a cada condicionante (**Quadro 2.3.2-11**). Como as condicionantes Suscetibilidade a Inundação e Manchas de Inundação foram unificadas em uma única variável, adotou-se, para o cálculo da média ponderada, o maior peso entre elas, correspondente a 0,39 (**Quadro 2.3.2-12**).

Quadro 2.3.2-11. – Matriz Multicritério Movimentos de Massa

Matriz Multicritério	Pesos
Suscetibilidade a Deslizamento	0,34
Declividade	0,35
Grau de Erosão do Solo	0,20
Unidades Litológicas	0,08
Uso da terra	0,03

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023.

Quadro 2.3.2-12. – Matriz Multicritério Inundações.

Matriz Multicritério	Pesos
Suscetibilidade a Inundação e Manchas de inundação	0,39
Inventário de ocorrências de eventos de inundação	0,15
Grau de Drenagem do Solo	0,07
Vulnerabilidade Hídrica	0,06
Uso da terra	0,04

Fonte: Elaboração do Consórcio, a partir de SEPUR, 2023

Na última etapa, que é a elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização em si, realizou-se exatamente os mesmos passos da metodologia SEPUR (2023). Com a finalização das duas matrizes multicritério, foi elaborada esta carta síntese, na qual os graus de suscetibilidade (baixo, médio e alto) foram invertidos para gerar a carta de aptidão à urbanização. Ou seja, as áreas mais suscetíveis a movimentos de massa e inundações, com valores acima de 0,75 em ambas as matrizes, foram classificadas como de baixa aptidão à urbanização. Também foram incluídas nessa categoria as APPs de topo de morro e encostas com declividade superior a 45°, por sua alta suscetibilidade à deslizamentos, e as APPs de manguezal, devido à suscetibilidade a inundações. As classes de média e baixa suscetibilidade foram obtidas pela soma das duas matrizes, sendo os intervalos definidos por quartis (quatro classes com igual número de elementos). Por fim, foram excluídas da análise as áreas já urbanizadas, conforme o perímetro fornecido pela Prefeitura, e as Unidades de Conservação de Proteção Integral, por já apresentarem restrições legais quanto ao uso e ocupação do solo.

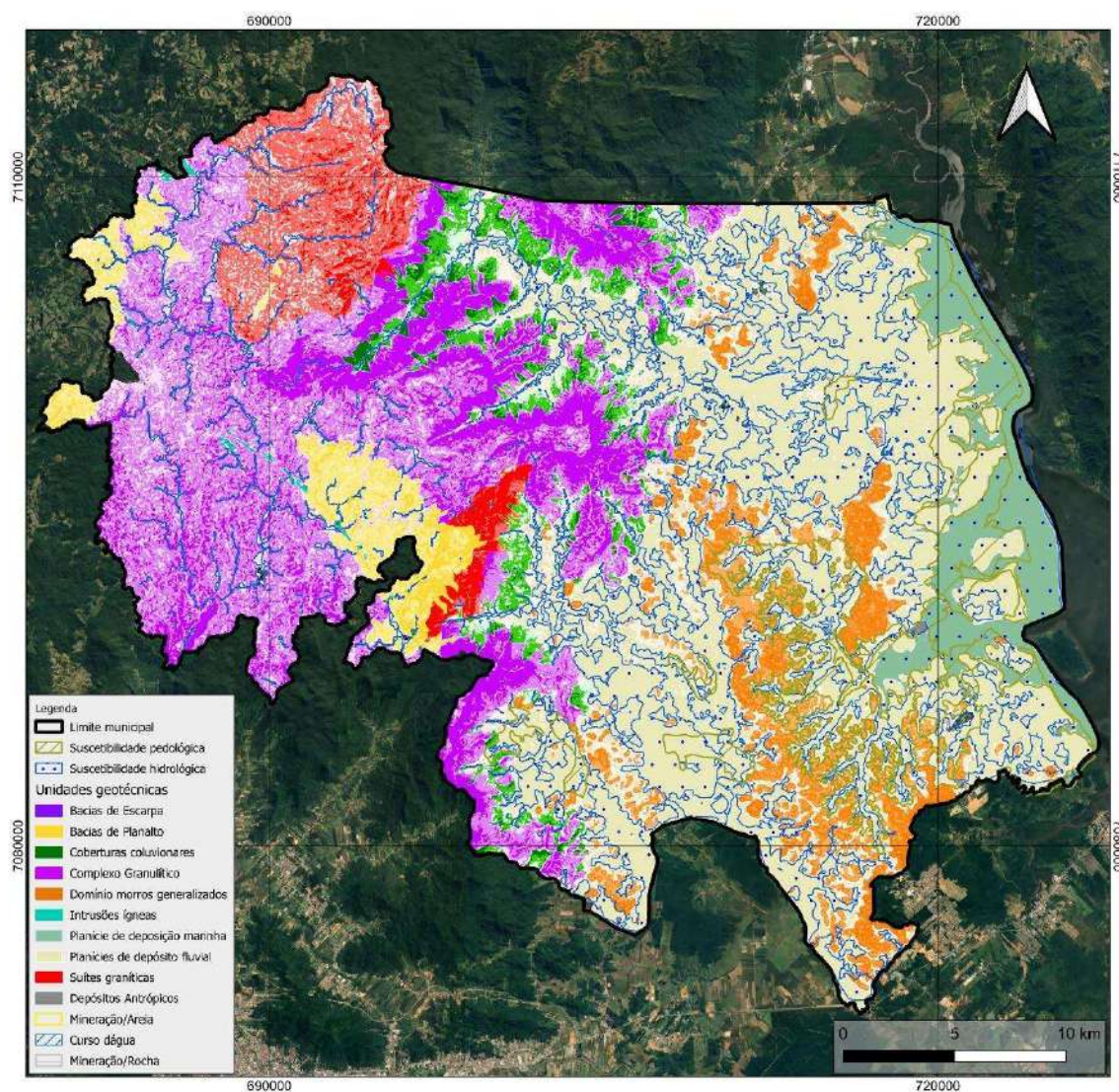
3 RESULTADOS

3.1 CARTA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS

A cartografia geotécnica proposta no tópico 2.1 teve como resultado o mapa representado na **Figura 3.1-1**, cujo detalhamento em termos da suscetibilidade se representa apenas na versão ampliada, apresentada no **ANEXO A**, restando ilustradas apenas as unidades que foram posteriormente subdivididas.

Abaixo, no item 3.1.1, encontram-se caracterizadas as unidades geológico-geotécnicas identificadas no território, abarcando além de sua descrição geológico-geomorfológica, sua distribuição espacial no município, situação frente a suscetibilidade a processos geológicos e as características identificadas a partir dos ensaios laboratoriais, cuja distribuição nas unidades encontra-se detalhada no quadro do item 3.1.2.

Figura 3.1-1 Carta de Unidades Geotécnicas para o município de Joinville.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

3.1.1 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES

3.1.1.1 *Bacias de Planalto e de Escarpa*

Compreende as litologias dos membros Papanduvinha e São Bento do Sul (CPRM.2011 e 2021). O Membro Papanduvinha é formado por depósitos de conglomerados desordenados, com seixos, blocos e pequenos matacões angulosos a subarredondados e mais raramente brechas, depositados em leques aluviais (fanglomerados). O Membro São Bento do Sul é representado por conglomerados polimíticos com seixos e blocos, sub-angulosos a arredondados, com matriz arenosa feldspática a arcoseana, rica em minerais máficos, argila variável e cimentação ferruginosa, depositados em ambientes fluvial de rios entrelaçados de grande energia.

Abrange as unidades geomorfológicas de Bacias de Planalto e Bacias de Escarpa, apresentando classificação de suscetibilidade à eventos geológicos variando desde “Nula” até “Muito Alta”. A unidade é encontrada em áreas na porção Oeste do município de Joinville, predominantemente nas áreas de maior altitude, a unidade apresenta muito baixa densidade de urbanização. A unidade é encontrada nas bacias: Cubatão, Itapocuzinho e Piraí, ocupando uma área total de 51 km², sendo 2,89 km² com suscetibilidade Nula, 20,73 km² com suscetibilidade baixa ou média, e 26,16 km² com suscetibilidade alta ou muito alta para

ocorrência de eventos geológicos. O ensaio desenvolvido nesta unidade apontou presença de solo residual predominantemente argilo-siltoso, nível de água a 0,80m de profundidade, com plasticidade média, e compactidade média a rija, aumentando a sua resistência e alcançando rocha impenetrável a 8,50m de profundidade.

3.1.1.2 Coberturas Coluvionares

A unidade geotécnica Coberturas Coluvionares compreende as litologias dos depósitos colúvio-eluvionares, depósitos praias, depósitos de pântanos e mangues, depósitos de planície de maré arenosos, e depósitos aluvionares (CPRM, 2011 e 2021). Os depósitos colúvio-eluvionares são representados por depósitos localizados em encostas de morros e eluvionares recentes, que apresentam grande variação granulométrica com estratificação incipiente ou ausente.

Compreende as unidades geomorfológicas de Coberturas Colúvio-Fluviais na região da Escarpa e Coberturas Coluvionares da Serra do Mar, apresentando classificação de suscetibilidade à eventos geológicos variando desde “Nula” até “Muito Alta”. A unidade é encontrada disposta de Norte a Sul em áreas na porção central do município de Joinville, predominantemente nas áreas junto à base da Escarpa da Serra do Mar, a unidade apresenta muito baixa densidade de ocupação.

A unidade é encontrada nas bacias: Cubatão, Palmital e Piraí, ocupando uma área total de 64,98 km², sendo 6,7 km² com suscetibilidade Nula, 31,56 km² com suscetibilidade baixa ou média, e 26,64 km² com suscetibilidade alta ou muito alta para ocorrência de eventos geológicos. Os ensaios realizados apontam a presença de solos predominantemente de silte arenoso, de coloração variando entre marrom e amarelo, com plasticidade média, e compactidade mole a rija. O nível d'água na unidade variou desde 0,05m até superior a 10,45m de profundidade (limite dos ensaios SPT), alcançando rocha impenetrável em média a 4,17m de profundidade.

3.1.1.3 Complexo Granulítico

A unidade geotécnica Complexo Granulítico compreende as litologias dos Gnaisses Granulíticos Luis Alves, agrupadas em seis litotipos gnáissicos granulíticos e anfibolíticos na unidade dos Gnaisses Granulíticos Luis Alves, e as lentes ultramáficas, na Unidade Máfica-Ultramáfica Barra Velha, do Complexo Granulítico de Santa Catarina (CPRM, 2011 e 2021). A unidade dos Gnaisses Granulíticos Luis Alves compreende o núcleo gnáissico-granulítico indiferenciado do Complexo Granulítico de Santa Catarina. Nesta unidade também estão inclusos os gnaisses com bandamento gnáissico marcante, com bandamento estreito e fino, com intercalações de bandas máficas, intermediárias e quartzo-feldspáticas, apresentando bandamento milimétrico por segregação de minerais máficos (piroxênios, anfibólios e biotita) e félsicos (quartzo, plagioclásio e subordinadamente K-feldspato) em gnaisses intermediários. Mostram grau variado de recristalização, apresentando desde texturas ígneas reliquias até textura granoblástica poligonal granulítica. Estão presentes também enclaves máficos-ultramáficos com formas subangulosas a arredondadas e granulação fina a grossa.

A unidade geotécnica denominada Complexo Granulítico compreende as unidades geomorfológicas de complexos granulíticos encontrados ao longo da Escarpa da Serra do Mar nas bacias Itapocuzinho, Palmital, Rio Cubatão e Rio Piraí, e ainda os complexos granulíticos observados no Planalto Leste, nas bacias Itapocuzinho, Rio Cubatão e Rio Piraí, apresentando classificação de suscetibilidade à eventos geológicos variando desde “Nula” até “Muito Alta”. A unidade é encontrada em áreas na porção Oeste e central do município de Joinville, predominantemente nas áreas de maior altitude, a unidade apresenta muito baixa densidade de ocupação.

A unidade é encontrada nas bacias: Cubatão, Itapocuzinho, Palmital e Piraí, ocupando uma área total de 329,04 km², sendo 19,89 km² com suscetibilidade Nula, 112,41 km² com suscetibilidade baixa ou média, e 193,03 km² com suscetibilidade alta ou muito alta para ocorrência de eventos geológico. Os ensaios realizados apontam a presença de solos predominantemente de argila silto-arenosa, de coloração variando entre marrom e vermelho, com plasticidade média, e compacidade mole a rija. O nível d'água na unidade variou desde 0,30m até superior a 10,45m de profundidade (limite dos ensaios SPT), alcançando rocha impenetrável em média a 5,12m de profundidade.

3.1.1.4 Morros Generalizados

A unidade geotécnica Morros Generalizados corresponde ao Domínio de Morros Litorâneos, compostos por morros isolados, na forma de meia laranja, ao longo de toda a planície aluvial. As serras de Jaraguá e Luis Alves são exemplos desta unidade geomorfológica, assim como, ao longo dos vales dos rios Itajaí-Açu, Itajaí-Mirim e Itapocu. A presença de encostas íngremes e vales profundos favorece a atuação de processos erosivos e a possibilidade de formação de depósitos de tálus (CPRM, 2011 e 2021). Compreende as unidades geomorfológicas de Domínio de Morros Generalizados e Morros isolados do embasamento arqueano, próximos à Depósitos coluvionares de planície, e associados ao Complexo Granulítico de Santa Catarina, onde se destacam os Gnaisses Granulíticos Luis Alves, e os Paragneisses Luis Alves, nas bases destes morros observam-se Depósitos Coluvionares quartenários.

A unidade apresenta classificação de suscetibilidade à eventos geológicos variando desde “Nula” até “Muito Alta”. A unidade é encontrada em áreas na porção Leste do município de Joinville, predominantemente nas áreas de menor altitude, a unidade apresenta trechos com alta densidade de ocupação. A unidade é encontrada nas bacias: Cachoeira, Cubatão, Independentes da Vertente Leste, Independentes da Vertente Sul, Palmital e Piraí, ocupando uma área total de 109,93 km², sendo 18,15 km² com suscetibilidade Nula, 73,19 km² com suscetibilidade baixa ou média, e 18,37 km² com suscetibilidade alta ou muito alta para ocorrência de eventos geológicos.

Nesta unidade foram desenvolvidos 88 ensaios SPT, o alto número se deve ao fato de que parte considerável da ocupação urbana de Joinville ocorre sobre esta unidade geotécnica, com destaque para áreas de risco geológico. Os ensaios realizados apontam a presença de solos variando entre argiloso e siltooso, com pouca ou nenhuma areia, algumas amostras apontam a presença de caulinita, e sua coloração variando entre marrom, vermelho e amarelo, com plasticidade média, e compacidade muito mole a rija. O nível d'água na unidade variou desde 0,30m até superior a 10,45m de profundidade (limite dos ensaios SPT), alcançando rocha impenetrável em média a 8,74m de profundidade.

3.1.1.5 Intrusões Ígneas

A unidade geotécnica Intrusões Ígneas compreende as litologias das Intrusões ígneas do Grupo Serra Geral, com destaque para Diques e Sills de Diabásio e rochas intrusivas alcalinas (CPRM, 2011 e 2021). Os Diques e Sills de Diabásio estão associados ao magmatismo Mesozoico da Formação Serra Geral, apresentando diques de diabásio com espessura e comprimentos diversos, esses corpos apresentam larguras de poucos centímetros a vários metros e extensões de centenas de metros a mais de 50 km. Destaca-se o maior dique mapeado, o qual é descontínuo e pode ser acompanhado por mais de 50 km, aflorando desde a Represa do Rio Piraí, no município de Joinville, até Agudos do Sul no Paraná.

As rochas dessa unidade apresentam granulação fina a média, textura equigranular hipidiomórfica com porções microporfiríticas, onde fenocristais de plagioclásio de grão médio

(alguns esqueletais prismáticos maiores, com até 15 mm de comprimento) estão imersos em uma matriz fina. Ocasionalmente ocorrem texturas amigdaloidal, glomeroporfírica e subofítica, sendo esta última marcada pelo arranjo de plagioclásio intergranular em uma trama com máficos intersticiais e inclusão parcial nos piroxênios. Em alguns diques mais espessos, são encontrados fragmentos com até 5 cm de diâmetro, arredondados, de rochas gnáissicas e graníticas de coloração cinza claro, pertencentes ao embasamento.

Rochas intrusivas alcalinas são observadas entre o Granito Dona Francisca e a Bacia de Campo Alegre ocorre uma intrusão de rocha alcalina sub-saturada, que forma um corpo elíptico. Essa rocha alcalina é um aegirina sienito que apresenta granulação média, textura holocristalina equi- a inequigranular com cristais máficos maiores e agregados máficos com até 5 cm de diâmetro. Esta litologia apresenta, em lâmina delgada, textura porfírica com fenocristais euédricos de aegirina e flogopita de grão médio a fino (0,5 a 1,5 mm) cercados por feldspato alcalino tipo ortoclásio de grão fino, com dimensões ao redor de 0,5 a 0,8 mm, e subordinadamente plagioclásio (principalmente como estreitas margens albíticas no K-feldspato).

Esta unidade geotécnica apresenta classificação de suscetibilidade à eventos geológicos variando desde “Nula” até “Muito Alta”. A unidade é encontrada em áreas na porção Oeste do município de Joinville, predominantemente nas áreas de maior altitude, a unidade ocorre de maneira discreta no município, restrita a áreas que não ocupadas ou que apresentam muito baixa densidade de ocupação. A unidade é encontrada nas bacias: Cubatão, Itapocuzinho e Pirai, ocupando uma área total de 2,57 km², sendo 0,12 km² com suscetibilidade Nula, 1,15 km² com suscetibilidade baixa ou média, e 1,19 km² com suscetibilidade alta ou muito alta para ocorrência de eventos geológicos.

3.1.1.6 Planície de Deposição Marinha

A unidade geotécnica Planície de Deposição Marinha compreende os Depósitos de pântanos e mangues e os Depósitos de planície de maré arenosos (CPRM, 2011 e 2021). Os Depósitos de pântanos e mangues são fruto da interação das marés com a costa. Em geral, são áreas com abundância de matéria orgânica proveniente de associações vegetais específicas. São depósitos caracterizados por sedimentos normalmente finos, variando de silte a areia fina, ricos em matéria orgânica. Nas porções próximas à costa predominam sedimentos finos (argilas e siltes) com matéria orgânica, formando as planícies de maré. Os canais de maré, mais abaixo na topografia, são caracterizados pela mistura de sedimentos argilosos e arenosos, com a predominância de areia. As porções mais baixas e próximas dos canais principais, ocorre o predomínio de areia, formando bancos perpendiculares à linha de costa. Em geral esses depósitos ocorrem como bancos alongados no sentido da corrente de maré vazante.

Nessa unidade também estão inclusos a porção distal de alguns rios, que tem influência da maré. Os depósitos de planície de maré arenosos são compostos predominantemente por areias quartzosas e silto-argilosas mal selecionadas, de cores cinza a creme, com laminação plano-paralela incipiente, frequentemente ricas em matéria orgânica, retrabalhado pela ação das marés acima do nível dos mangues atuais. Compreende a unidade geomorfológica de Planície de deposição marinha, apresentando classificação de suscetibilidade nula a eventos geológicos. A unidade é encontrada áreas na porção Leste do município de Joinville, ocorrendo na parte baixa e plana junto ao canal da Babitonga, a unidade apresenta baixa densidade de ocupação e grandes trechos sem ocupação.

A unidade é encontrada nas bacias: Cachoeira, Cubatão, Independentes da Vertente Leste, Independentes da Vertente Sul e Palmital, ocupando uma área total de 67,28 km², sendo observada apenas suscetibilidade Nula para ocorrência de eventos geológicos. Os ensaios realizados apontam a presença de solos predominantemente de silte argiloso, com presença de matéria orgânica, e camadas arenosas. As amostras predominantemente

apresentam coloração variando entre cinza, preto, marrom e verde, com plasticidade média, e compacidade muito mole a rija. O nível d'água na unidade variou desde 0,80m até superior a 10,45m de profundidade (limite dos ensaios SPT), alcançando rocha impenetrável em média a 9,66m de profundidade.

3.1.1.7 Planícies de Depósito Fluvial

A unidade geotécnica Planícies de Depósito Fluvial compreende a litologia dos Depósitos aluvionares. Estes depósitos são compostos por areias, cascalheiras e sedimentos silto-argilosos depositados em planícies de inundação, terraços e calhas da rede fluvial atual (CPRM, 2011 e 2021). Podem ocorrer: i) cascalheiras de coloração marrom a amarela, constituídas por clastos e areia fina a grossa, maciças e com laminação cruzada acanalada de médio porte, depositadas em canais fluviais; e ii) lama de coloração preta a cinza escuro, maciça, com restos de vegetais e artrópodes, associada à planície de inundação

Compreende as unidades geomorfológicas de planície de depósitos fluviais das bacias dispostas na porção central e leste do município, apresentando classificação de suscetibilidade à eventos geológicos variando desde “Nula” até “Baixa”, além de áreas com suscetibilidade à eventos hidrológicos. A unidade é encontrada disposta de Norte a Sul em áreas na porção central e Leste do município de Joinville, sendo observadas nas extensas áreas planas do município, a unidade apresenta áreas de alta densidade de ocupação. A unidade é encontrada nas bacias: Independentes da Vertente Leste, Independentes da Vertente Sul, Palmital, Rio Cachoeira, Rio Cubatão e Rio Piraí, ocupando uma área total de 412,16 km², sendo 411,68 km² com suscetibilidade nula ou baixa, para ocorrência de eventos geológicos, além disso, a unidade apresenta 0,45 km² com suscetibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos.

Nesta unidade foram desenvolvidos 44 ensaios SPT, o alto número se deve ao fato de que parte considerável da ocupação urbana de Joinville ocorre sobre esta unidade geotécnica, com destaque para áreas de risco geológico. Os ensaios realizados apontam a presença de solos predominantemente silto-argilosos, apresentando pouca ou nenhuma areia, e sua coloração variando entre marrom, amarelo e vermelho, com plasticidade média, e compacidade muito mole a rija. O nível d'água na unidade variou desde 0,50m até a 5,2m de profundidade, alcançando rocha impenetrável em média a 7,76m de profundidade.

3.1.1.8 Suítes Graníticas

A unidade geotécnica Suítes Graníticas compreende as litologias do Granito Piraí e do Granito Dona Francisca (CPRM, 2011 e 2021). O Granito Piraí apresenta um formato alongado na direção NE-SW, sendo caracterizado por um corpo de composição sienogranítica a sienítica, leucocrático, de coloração vermelha intensa, isótropo com granulação média a grossa. É constituído essencialmente por ortoclásio, quartzo e plagioclásio, com poucos máficos. É comum a ocorrência de intercrescimentos micrográficos de quartzo com K-feldspato.

O Granito Dona Francisca é representado por um corpo de formato aproximadamente elíptico com orientação norte-sul. Apresenta composições variando entre monzogranítica, sienogranítica a sienítica de coloração vermelho intensa. Apresenta-se isótropo com textura equigranular e granulação fina a grossa. A mineralogia essencial é representada por ortoclásio, quartzo e plagioclásio, com pequena ocorrência de máficos – anfibólios prismáticos finos e intersticiais e rara biotita preta fina. O Granito Dona Francisca também apresenta mistura de magmas, essa mistura de magmas é evidenciada pela presença de rochas máficas subvulcânicas, de composição diorito/gabro com fenocristais de K-feldspato vermelho, que ocorrem no interior do corpo granítico. Estas rochas máficas com K-feldspatos afloram principalmente nas porções oeste e norte do corpo granítico Dona Francisca.

Compreende as unidades geomorfológicas de Suítes graníticas da Serra do Mar na escarpa e de Suítes graníticas da Serra do Mar no Planalto Leste, apresentando classificação de suscetibilidade à eventos geológicos variando desde “Nula” até “Muito Alta”. A unidade é encontrada em áreas na porção Oeste do município de Joinville, predominantemente nas áreas de maior altitude, a unidade apresenta muito baixa densidade de ocupação. A unidade é encontrada nas bacias: Cubatão e Pirai, ocupando uma área total de 83,58 km², sendo 6,3 km² com suscetibilidade Nula, 43,19 km² com suscetibilidade baixa ou média, e 33,82 km² com suscetibilidade alta ou muito alta para ocorrência de eventos geológicos. Devido a sua presença discreta e restrita à locais sem ocupação urbana e de difícil acesso, não foram desenvolvidos ensaios geotécnicos para o seu detalhamento.

3.1.1.9 Depósitos Antrópicos

Considerou-se como unidade geotécnica os Depósitos Antrópicos. compreendendo os terrenos com acumulações de materiais causados pela ação humana, podem ser de origem tecnogênica, com substâncias de origem humana, que não fazem parte do ambiente e nem ocorrem naturalmente, ou de origem natural, apenas acumulados por ação antrópica. (CPRM, 2021). Os depósitos antrópicos frequentemente são compostos por materiais heterogêneos, misturando materiais com litologia, tamanho e formatos variados, podem conter solos, areias, cascalhos, e volumes de materiais produzidos pelo homem, tais como plásticos vidro, metais, papelão, borracha, rejeitos de construção civil, entre outros.

Destacando-se os depósitos dos aterros sanitários da prefeitura e aterros industriais de empresas como Essencis, Tupy e Döhler. A unidade é encontrada nas bacias: Cubatão, Independentes da Vertente Leste e Pirai, ocupando uma área total de 0,45 km², sendo 0,16 km² com suscetibilidade Nula, 0,24 km² com suscetibilidade baixa ou média, e 0,06 km² com suscetibilidade alta ou muito alta para ocorrência de eventos geológicos. Devido a sua presença discreta e restrita à locais privados e sem moradias, não foram desenvolvidos ensaios geotécnicos para o seu detalhamento.

3.1.1.10 Demais elementos da carta

Além das unidades geotécnicas já destacas e descritas, a Carta Geotécnica destaca os principais cursos d'água, a localização de estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto, e destaca ainda as áreas de extração mineral, distinguindo-as em áreas de exploração de areia e áreas de exploração de rocha. Tais elementos foram destacados das demais unidades geotécnicas, uma vez que podem apresentar comportamentos diferentes, e consequentemente demandam ações diferentes para a sua proteção diante dos riscos aos quais o município encontra-se exposto.

3.1.2 ENSAIOS REALIZADOS

Como mencionado, foram realizados ensaios laboratoriais nas diferentes unidades com vistas ao entendimento mais apurado do comportamento geotécnico esperado para diferentes condições do substrato geológico. Os ensaios aqui realizados foram aqueles que excederam o necessário para a caracterização das áreas de risco geológico e hidrológico mapeadas em escala 1:3.000, sendo distribuídos nas diferentes unidades geológico-geotécnicas desta carta (**Quadro 3.1.2-1**) para obtenção de quadro representativo destas. A descrição dos procedimentos para cada tipo de ensaio se encontra descrito no **item 3.3.1.1** do Resumo Executivo.

Quadro 3.1.2-1 - Distribuição dos ensaios para caracterização das unidades geotécnicas.

Unidade	Ensaios SPT	Ensaios de cisalhamento direto
Bacias de Planalto e de Escarpa	220	-
Coberturas Coluvionares	076-001, 076-002, 081-001, 143-003, 201, 202, 203, 216 e 224	82, 113 e 143
Complexo Granulítico	077-001, 077-002, 080-001, 205, 221, 222, 223, 227 e 228	76, 77, 80, 114, 115, 116 e 117
Morros Generalizados	002-02, 003-01, 007-01, 008-01, 008-02, 009-01, 009-02, 011-01, 011-02, 012-01, 012-02, 014-01, 014-02, 015-01, 015-02, 017-01, 018-01, 018-02, 019-01, 019-02, 020-01, 020-02, 021-01, 022-01, 023-01, 023-02, 024-01, 026-01, 026-02, 029-01, 029-02, 029-03, 029-04, 030-01, 032-01, 033-01, 033-02, 033-03, 034-01, 037-03, 040-01, 041-01, 042-01, 042-02, 043-01, 043-02, 044-01, 044-02, 045-01, 047-01, 047-02, 048-01, 048-02, 049-01, 050-01, 052-01, 052-02, 054-02, 055-01, 055-02, 059-01, 062-01, 063-01, 064-01, 064-02, 065-01, 065-02, 066-01, 066-02, 067-01, 067-02, 068-01, 141-01, 142-02, 144-01, 145-01, 147-01, 148-01, 149-02, 150-01, 151-01, 221, 223, 226, 230, 240, 242 e 243	1, 3, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 19b, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 36, 37, 40, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 118, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151
Planície de Deposição Marinha	244, 254 e 263	-
Planícies de Depósito Fluvial	001-01, 006-01, 016-01, 036-02, 045-02, 049-02, 057-01, 080-01, 146-01, 204, 206, 207, 208, 209, 211, 213, 215, 218, 225, 225, 229, 231, 232, 234, 235, 236, 237, 238, 241, 245, 246, 247, 249, 250, 252, 253, 255, 257, 258, 259, 260, 261 e 264	101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111 e 112
Intrusões Ígneas Suítes Graníticas Depósitos Antrópicos	Devido a sua presença discreta e restrita à locais sem ocupação urbana e de difícil acesso, não foram desenvolvidos ensaios geotécnicos para o seu detalhamento.	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

3.2 PROPOSTA DE ZONEAMENTO PARA O GERENCIAMENTO DOS RISCOS DE DESASTRES INSTALADOS

A partir do procedimento descrito no item 2.2 deste apêndice, foi elaborada a proposta de Zoneamento para o Gerenciamento dos Riscos de Desastres Instalados (**Figura 3.2-1 e Anexo B**). Esta levou em conta os limites urbanos vigentes durante o período de execução dos levantamentos. No entanto, é importante esclarecer que, a partir da promulgação de legislações recentes, novas áreas anteriormente classificadas como de expansão urbana passaram a integrar formalmente o perímetro urbano do município. Trata-se da Área de Expansão Urbana para Proteção da Paisagem Campestre e da Área de Expansão Urbana Sul, cujos enquadramentos legais foram atualizados, respectivamente, pelas Leis Complementares nº 688, de 12 de setembro de 2024, e nº 708, de 07 de julho de 2025.

A Lei Complementar nº 688/2024 institui o regime específico de estruturação urbana, uso e ocupação do solo para a então chamada Área de Expansão Urbana para Proteção da Paisagem Campestre. Com sua promulgação, essa região passou a ser oficialmente reconhecida como Área Urbana de Paisagem Campestre, conforme disposto também no artigo 2º da norma. A inclusão da área ao tecido urbano considera diretrizes voltadas à preservação ambiental, à proteção do patrimônio paisagístico e à qualificação do espaço urbano. Já a Lei Complementar nº 708/2025 regulamenta a incorporação da Área de Expansão Urbana Sul ao perímetro urbano de Joinville, por meio da instituição do respectivo regime de estruturação urbana. Assim como no caso anterior, essa medida atualiza o

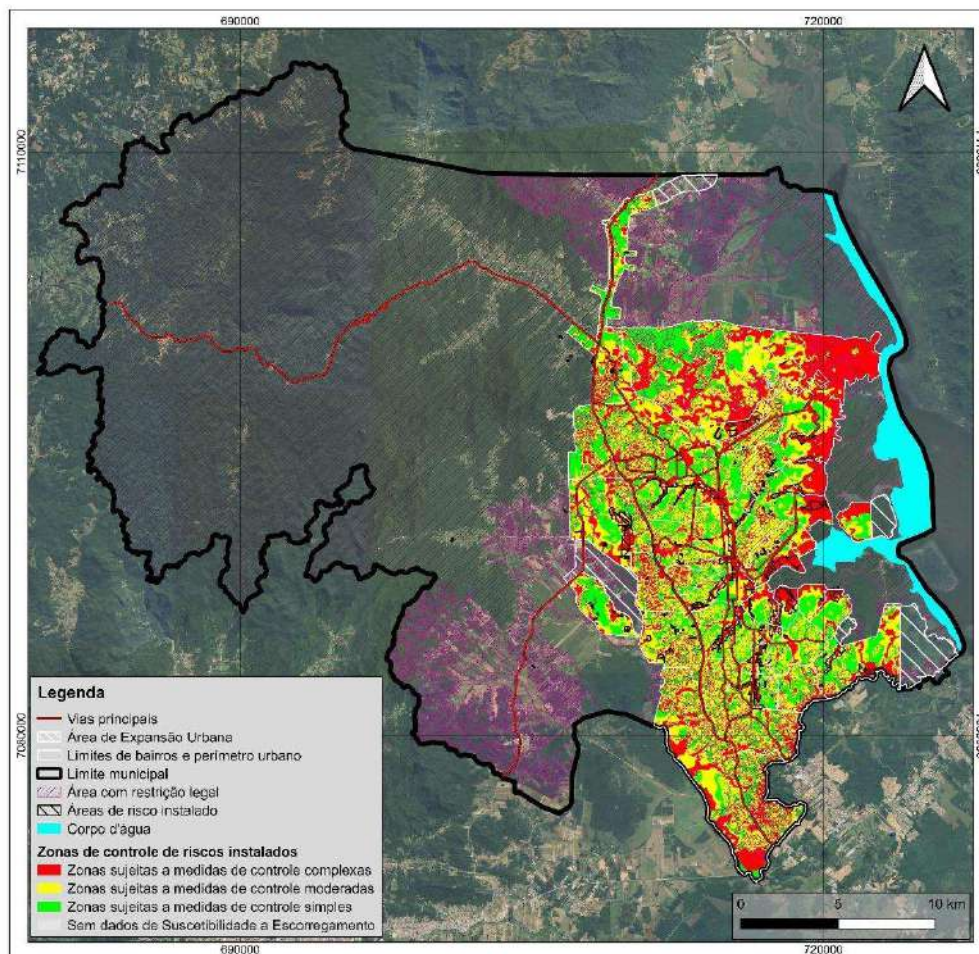
enquadramento legal e funcional da área, refletindo uma nova configuração territorial do município.

A incorporação de ambas as áreas à proposta de gerenciamento de riscos de desastres instalados justifica-se pela necessidade de compatibilização entre os dados levantados e o atual ordenamento territorial. Embora os diagnósticos tenham sido realizados considerando todo o território municipal, as distinções entre áreas urbanas e de expansão urbana seguiram os limites legais vigentes à época. Com as mudanças instituídas pelas leis complementares mencionadas, torna-se imprescindível reconhecer tais áreas como parte do perímetro urbano consolidado.

Nesse contexto, considerando que tais regiões ainda apresentam baixa densidade populacional e não foram plenamente avaliadas sob seu novo status jurídico e urbanístico, ressalta-se a importância da realização de futuras análises complementares e de futuras verificações em campo. Essas ações permitirão uma compreensão mais precisa do potencial de ocupação e dos riscos associados à urbanização em curso, processo que, ao se intensificar, tende a ampliar a vulnerabilidade desses territórios.

Em termos dos resultados do mapeamento, cabe ressaltar que a aplicação dos critérios definidos no Termo de Referência culminou na preponderância da suscetibilidade a processos hidrológicos na delimitação das zonas, em detrimento das informações do contexto geológico-geomorfológico.

Figura 3.2-1. Proposta de Zoneamento para o Gerenciamento dos Riscos de Desastres Instalados no município de Joinville.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As classes obtidas no zoneamento puderam ser avaliadas segundo sua distribuição no perímetro urbano. Os resultados podem ser observados na **Tabela 3.2-1**.

No perímetro urbano, o destaque fica com a maior expressividade de Zonas sujeitas a medidas de controle simples em relação aos outros recortes propostos. As ZCs, neste contexto, expressam as manchas de inundação obtidas no mapeamento em 1:10.000.

Tabela 3.2-1 - Distribuição quantitativa das classes de zoneamento para o Gerenciamento dos Riscos de Desastres Instalados no perímetro urbano.

Classe	Área (km²)	Percentual
Zona de Controle Simples - ZS	86,60	29,60%
Zona de Controle Moderado - ZM	128,60	43,96%
Zona de Controle Complexo - ZC	77,17	26,38%
Sem dados de Suscetibilidade a Escorregamento	0,15	0,05%
Total	292,53	100,00%

Fonte: Elaboração do Consórcio

Desconsiderando as Áreas com restrição legal do perímetro urbano, observamos que permanece com maior destaque as Zonas sujeitas a medidas de controle simples, conforme a **Tabela 3.2-2**.

Tabela 3.2-2 - Distribuição quantitativa das classes de zoneamento para o Gerenciamento dos Riscos de Desastres Instalados no perímetro urbano, sem considerar áreas com restrição legal.

Classe	Área (km²)	Percentual
Zona de Controle Simples - ZS	71,48	31,42%
Zona de Controle Moderado - ZM	101,38	44,56%
Zona de Controle Complexo - ZC	54,57	23,98%
Sem dados de Suscetibilidade a Escorregamento	0,10	0,04%
Total	227,53	100,00%

Fonte: Elaboração do Consórcio

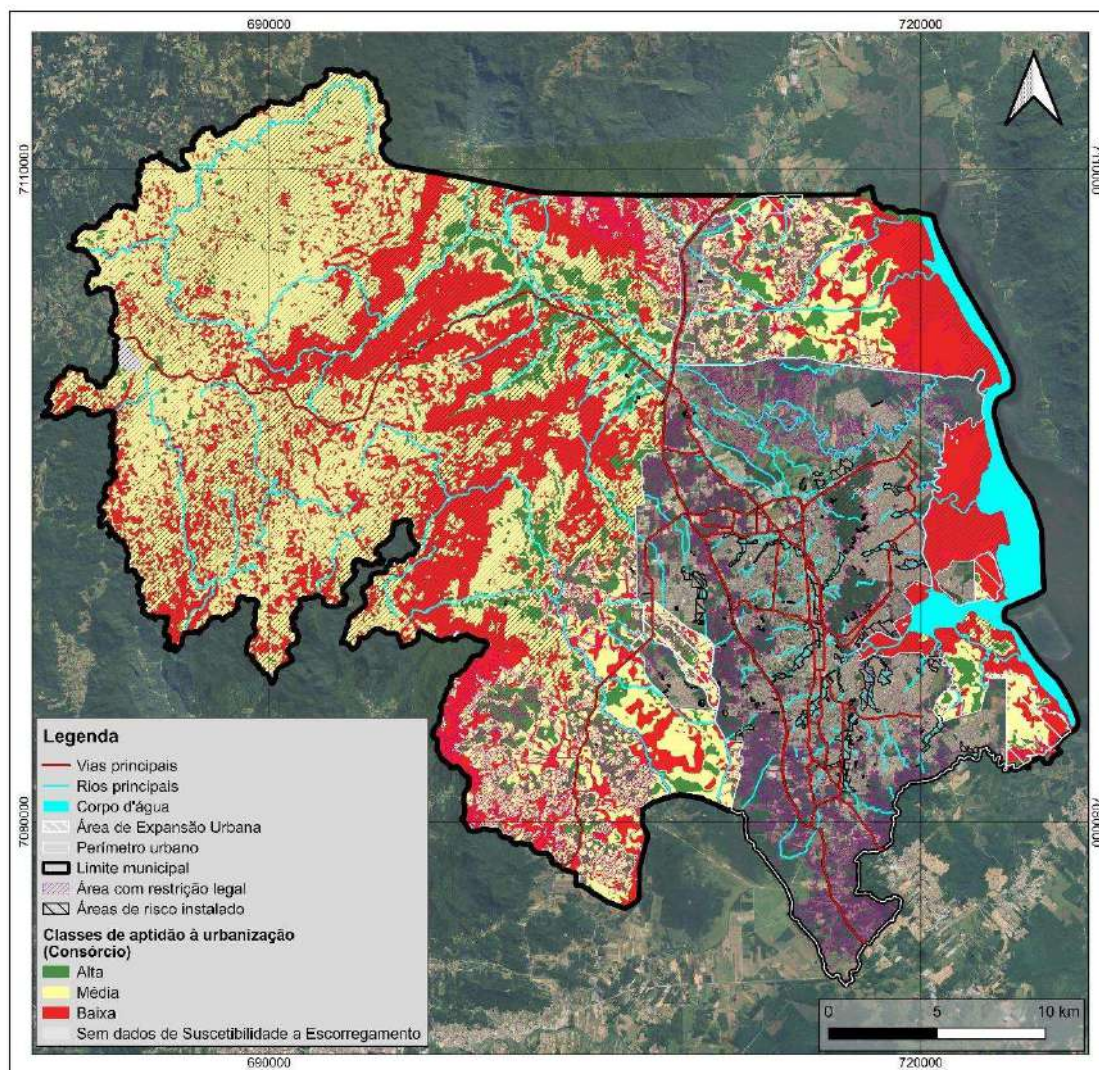
3.3 PROPOSTAS DE CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

A seguir é apresentado os resultados obtidos a partir das duas metodologias utilizadas para a elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização e, também, as análises realizadas a partir delas.

3.3.1 CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO (CONSÓRCIO)

A partir do procedimento descrito no tópico 2.3.1 deste apêndice foi elaborada a proposta Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização (**Figura 3.3.1-1** e **Anexo B**) de acordo com os procedimentos desenvolvidos pelo Consórcio. Da mesma forma da proposta de zoneamento para as áreas urbanizadas, em termos dos resultados do mapeamento, é importante apontar que a aplicação dos critérios definidos no Termo de Referência culminou na preponderância da suscetibilidade a processos hidrológicos na delimitação das áreas, em detrimento das informações do contexto geológico-geomorfológico.

Figura 3.3.1-1. Proposta de Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no município de Joinville.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As classes obtidas puderam ser avaliadas segundo sua distribuição na zona rural e nas Áreas de Expansão Urbana (AEU). Os resultados podem ser observados na **Tabela 3.3.1-1**. No contexto geral, a classe Média aptidão apresenta maior destaque. As áreas com Baixa aptidão, também, expressam as manchas de inundação obtidas no mapeamento em 1:10.000.

Tabela 3.3.1-1 - Distribuição quantitativa das classes de aptidão à urbanização na zona rural e nas Áreas de Expansão Urbana.

Classe	Área (km²)	Percentual
Alta aptidão	113,04	13,54%
Média aptidão	293,27	35,14%
Baixa aptidão	422,89	50,67%
Sem dados de Suscetibilidade a Escorregamento	5,46	0,65%
Total	834,66	100,00%

Fonte: Elaboração do Consórcio

Grande parte da zona rural é composta por Áreas com restrição legal. Ao desconsiderá-las na análise, observa-se que predominam as áreas com baixa aptidão à urbanização do ponto de vista geotécnico, conforme a **Tabela 3.3.1-2**.

Tabela 3.3.1-2 - Distribuição quantitativa das classes de aptidão à urbanização na zona rural e nas Áreas de Expansão Urbana, sem considerar áreas com restrição legal.

Classe	Área (km²)	Percentual
Alta aptidão	40,06	20,34%
Média aptidão	61,92	31,44%
Baixa aptidão	93,30	47,38%
Sem dados de Suscetibilidade a Escorregamento	1,65	0,84%
Total	196,93	100,00%

Fonte: Elaboração do Consórcio

No contexto da aptidão à urbanização, é importante destacar as Áreas de Expansão Urbana (AEU). A **Tabela 3.3.1-3** apresenta a distribuição das classes de aptidão, evidenciando a predominância das áreas classificadas como de alta aptidão à urbanização.

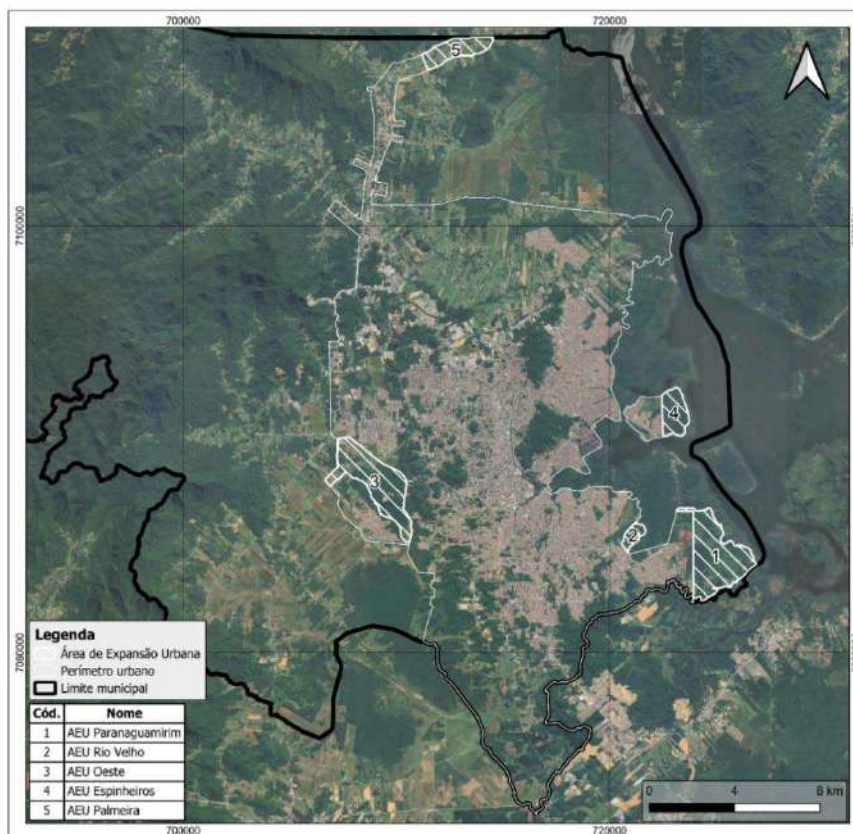
Tabela 3.3.1-3 - Distribuição quantitativa das classes de aptidão à urbanização na zona rural e nas Áreas de Expansão Urbana.

Classe	Área (km²)	Percentual
Alta aptidão	4,39	21,66%
Média aptidão	7,65	37,75%
Baixa aptidão	8,22	40,60%
Total	20,25	100,00%

Fonte: Elaboração do Consórcio

Contudo, é necessário considerar as particularidades de cada AEU, cujo detalhamento permite identificar possibilidades diferenciadas para a implantação de assentamentos ou outras conversões de tipologia de uso da terra. A **Figura 3.3.1-2** apresenta a localização das AEU e a codificação adotada na análise realizada.

Figura 3.3.1-2. Localização e codificação das Áreas de Expansão Urbana.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Dessa forma, na **Tabela 3.3.1-4** observa-se o caso da AEU Oeste, que apresenta a classe alta aptidão à urbanização predominante. Na AEU Paranaguamirim, a soma das áreas em alta e média aptidão superam aquelas de baixa aptidão. Em situação muito próxima desta também se encontra a AEU Palmeira.

Tabela 3.3.1-4 - Distribuição quantitativa das classes de aptidão à urbanização na zona rural e nas Áreas de Expansão Urbana.

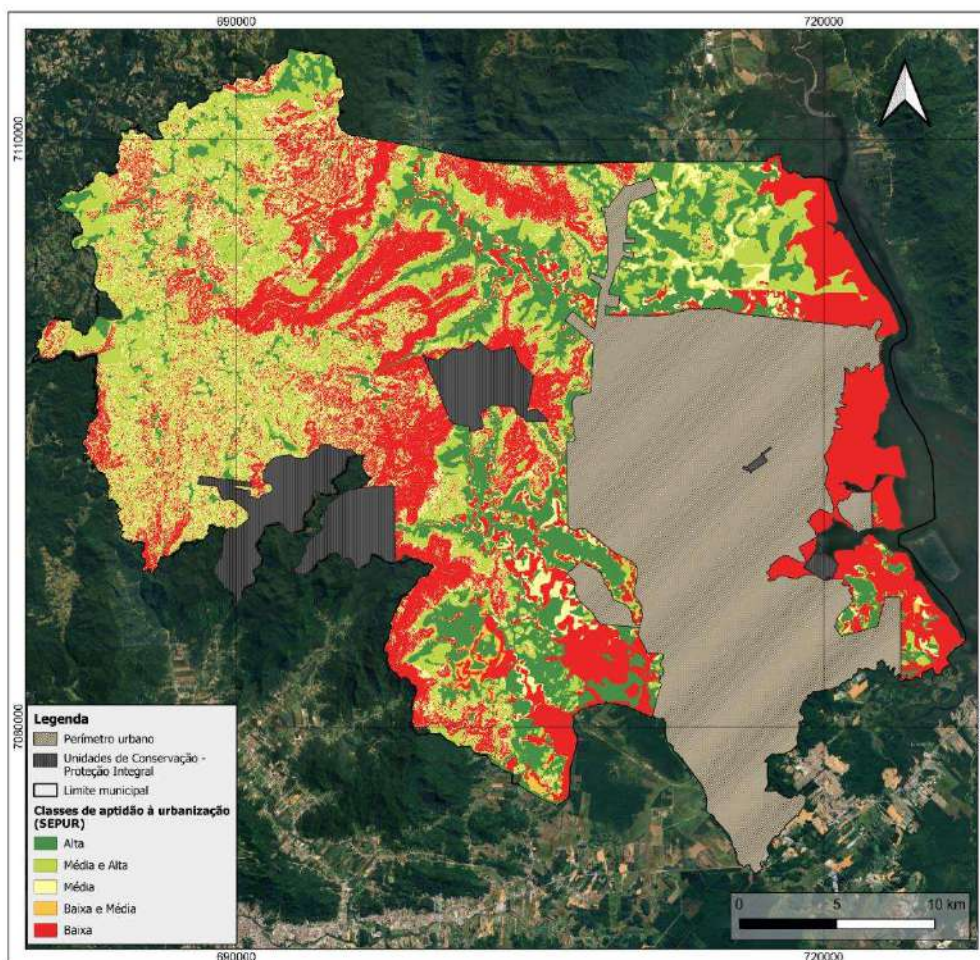
Código	Nome	Classe	Área (km²)	Percentual
1	AEU Paranaguamirim	Alta aptidão	0,82	10,95%
		Média aptidão	3,22	42,88%
		Baixa aptidão	3,47	46,17%
		Total	7,51	100,00%
2	AEU Rio Velho	Alta aptidão	0,33	42,82%
		Média aptidão	0,35	45,63%
		Baixa aptidão	0,09	11,55%
		Total	0,76	100,00%
3	AEU Oeste	Alta aptidão	2,35	32,87%
		Média aptidão	3,11	43,58%
		Baixa aptidão	1,68	23,55%
		Total	7,14	100,00%
4	AEU Espinheiros	Alta aptidão	0,12	5,26%
		Média aptidão	0,23	10,00%
		Baixa aptidão	1,93	84,74%
		Total	2,28	100,00%
5	AEU Palmeira	Alta aptidão	0,77	30,11%
		Média aptidão	0,73	28,78%
		Baixa aptidão	1,05	41,11%
		Total	2,55	100,00%

Fonte: Elaboração do Consórcio

3.3.2 CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO (SEPUR)

Seguindo os processos descritos no tópico 2.3.2 deste apêndice foi elaborada a proposta Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização (**Figura 3.3.2-1** e **Anexo B**) de acordo com os procedimentos desenvolvidos pela Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano (SEPUR, 2023) do município de Joinville/SC.

Figura 3.3.2-1. Proposta de Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no município de Joinville.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

As classes obtidas puderam ser avaliadas segundo sua distribuição na área de interesse. Os resultados podem ser observados na **Tabela 3.3.2-1**. No contexto geral, a classe Baixa aptidão apresenta maior destaque.

Tabela 3.3.2-1 - Distribuição quantitativa das classes de aptidão à urbanização.

Classe	Área (km²)	Percentual
Alta	137,69	12,59%
Média e Alta	195,10	17,84%
Média	136,00	12,44%
Baixa e Média	7,89	0,72%
Baixa	273,34	25,00%
Total	750,02	100,00%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio.

Nas cartas anteriores (itens 3.2 e 3.3.1), elaboradas pelo Consórcio, a aplicação dos critérios definidos no Termo de Referência levou à predominância dos aspectos relacionados à suscetibilidade a processos hidrológicos na delimitação das áreas, em detrimento das informações geológico-geomorfológicas. Por outro lado, a carta gerada com base na metodologia SEPUR (2023) prioriza os dados geológicos e geomorfológicos. O uso, nessa metodologia, da carta de suscetibilidade a deslizamentos produzida pelo Consórcio, que já considerava a declividade do terreno e suas curvaturas vertical e média, tende a destacar esses elementos em seu resultado, contribuindo para uma maior área de baixa aptidão nesta análise.

Assim como a carta geotécnica de aptidão à urbanização elaborada pela SEPUR em 2023, esta carta, que seguiu a mesma metodologia, foi elaborada com base em dados secundários da base cartográfica digital da Prefeitura Municipal de Joinville e no mapeamento em escala 1:10.000 e 1:25.000 de suscetibilidade a deslizamento e mancha de inundação (*HAND*). Diferentemente da carta proposta pelo Consórcio, que, conforme detalhado no item 2.2 deste apêndice, utilizou as áreas mapeadas em 1:3.000 para aprimorar a análise, esta segunda proposta utiliza informações secundárias e não incluiu outros detalhamentos, como estudos de campo ou ensaios laboratoriais. Dessa forma, a Carta de Aptidão à Urbanização proposta pelo Consórcio vem para suprir a necessidade anteriormente apontada pela SEPUR (2023) de aprimoramento dos dados em uma escala de maior detalhe e com estudos mais aprofundados.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei 12.651 de 25 de Maio de 2012**. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm >. Acesso em: 17/03/2025

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Geologia e recursos minerais da Folha Joinville - SH. 22-Z-B, Escala 1:250.000, Estado de Santa Catarina** / Carlos Moacyr da Fontoura; Henrique Zeffass; Marco Aurélio Schneiders da Silva; Carla Klein. -- Porto Alegre: CPRM, 2011.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Mapeamento Geológico e Hidrogeológico do município de Joinville, SC: produto 6, Mapeamento Geológico, Estrutural e de Recursos Minerais** / Organização Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias et al. – Porto Alegre: CPRM, 2021.

NOGUEIRA, F.R., CANIL, K. **Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização: Instrumento de Planejamento para Prevenção de Desastres e para a Gestão do Uso do Solo**. Anais do XVII ENANPUR, São Paulo, 2017. 15p. Disponível em: < <https://xviienanpur.anpur.org.br/publicacoes/XVII.ENANPUR-Anais/ST-Sessoes-Tematicas/ST%208/ST%208.4/ST%208.4-04.pdf> >. Acesso em: 17/03/2025

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Lei Complementar nº 688 de 12 de Setembro de 2024**. Disponível em: < <http://leismunicipa.is/1nj5y> >. Acesso em: 17/03/2025

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Lei Complementar nº 470 de 09 de Janeiro de 2017**. Disponível em: < <http://leismunicipa.is/aojvn> >. Acesso em: 17/03/2025

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica**. 2020. 140 páginas. Disponível em: < <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2019/04/Plano-Municipal-de-Conserva%C3%A7%C3%A3o-e-Recupera%C3%A7%C3%A3o-da-Mata-Atl%C3%A2ntica-PMMA-2020.pdf> >. Acesso em 17/03/2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Guia de leitura e uso da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de Joinville**. Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano – SEPUR. Joinville, 2023. 31 p.

SILVEIRA, W. N., KOBIYAMA, M. **Histórico de inundação em Joinville/SC – Brasil, no período de 1851-2007**. In: SÍMPOSIUM BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. Anais [...]. Porto Alegre: ABRH, 2007. 16 p.

SILVEIRA, W. N. **Análise histórica de inundação no município de Joinville - SC, com enfoque na bacia do rio Cubatão do Norte**. Wivian Nereida Silveira. - Florianópolis, 2008. xix, 165f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVEIRA, W. N. **História das Inundações em Joinville: 1851 - 2008** / Wivian Nereida Silveira, Masato Kobiyama, Roberto Fabris Goerl, Brigitte Brandenburg - Curitiba: Ed. Organic Trading. 2009. 153p.