

SUBMETIDO 07/07/2021

APROVADO 06/12/2021

PUBLICADO ON-LINE 02/02/2022

PUBLICADO 30/06/2023


EDITORA ASSOCIADA


Ana Laura de Freitas Rosas Brito

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6152>


ARTIGO ORIGINAL


Riscos ambientais associados à urbanização: análise temporal de ocupações desordenadas em uma encosta do município do Recife

 Martha Lacerda Emidio da Silva ^{[1]*}

 Kalinny Patrícia Vaz Lafayette ^[2]

 Thiago Augusto da Silva ^[3]

 Michele Joyce Pereira dos Santos ^[4]

 Luciana Cássia Lima da Silva ^[5]

[1] martinha.lacerda@gmail.com

[2] klafayette@poli.br

[5] lcls@poli.br

Escola Politécnica de Pernambuco /
Universidade de Pernambuco (UPE), Brasil

[3] thiago.silva@ufpe.br

[4] michele.pereira@ufpe.br

Departamento de Engenharia
Civil / Universidade Federal de
Pernambuco (UFPE), Brasil

RESUMO: O objetivo deste estudo é verificar a evolução das ocupações irregulares e o risco ambiental em uma área de encosta no município de Recife-PE. Foram realizados registros de imagens, vetorização e ortofotocartas do local e, com o uso do programa Qgis, feita a análise do nível de risco, com uma matriz de causa e consequência. Houve uma evolução da mancha urbana no local, com crescimento de 1.119% nos 43 anos que compõem o recorte da análise, uma redução de 68,54% na vegetação nativa, o que pode provocar deslizamento de terras, e uma variação do nível de base de 35 metros para 55 metros, apresentando um forte indício de deslizamentos passados. Diante desses dados, vê-se a necessidade de ações estruturais de redução de riscos para a localidade.

Palavras-chave: análise temporal de ocupações; ocupações desordenadas; riscos ambientais.

Environmental risks associated with urbanization: temporal analysis of disorderly occupations on a hillside in the city of Recife

ABSTRACT: The objective of this study is to verify the evolution of irregular occupations and the environmental risk in a hillside area in the city of Recife, Brazil. It will use records of images, vectorization and orthophotocards of the place to analyze the risk level by a matrix of cause and consequence. There was an evolution of the urban spot in the place with an increase of 1,119% over the past 43 years, a reduction of 68,54% in the native vegetation, which can cause landslides, and a variation of the base level from 35 to 55 meters strongly indicating past landslides. In view of the findings, it is clear that structural actions are necessary to reduce risks for the locality.

Keywords: disordered occupations; environmental risks; temporal analysis of occupations.

*Autor para correspondência.

1 Introdução

O desenvolvimento sustentável e seguro é uma das temáticas mais relevantes no cenário político mundial dos últimos anos, e parte desse interesse se deve aos sinais, cada vez mais evidentes, da interferência antrópica no meio natural. Em sua maioria, essas interferências aconteceram de forma exploratória e sem o devido gerenciamento por parte das entidades governamentais competentes (CARVALHAIS *et al.*, 2019).

Essa dinâmica predatória de crescimento – em outras palavras, migração desordenada – é uma realidade facilmente observada em países em desenvolvimento, onde a enorme demanda pelo progresso caminha, muitas vezes, em desacordo com o fornecimento de infraestrutura urbana de qualidade. Tal problemática tende a se agravar nos centros urbanos, onde o crescimento demográfico acaba gerando consequências para a população, principalmente para a sua parcela menos abastada (LISBOA; BARROS; NASCIMENTO, 2020; ZAMBON; SALVATI, 2018).

De acordo com Nascimento *et al.* (2020), em capitais como Recife e Rio de Janeiro, esse processo de migração levou à ocupação de grandes áreas periféricas, em sua maioria em áreas sobre encostas de terra. Tal classe de relevo, quando mal explorada construtivamente, está propensa a vários riscos de cunho socioambiental, como é o caso dos deslizamentos de terra. Nos últimos anos, estudos têm sido realizados nessas regiões de encosta ocupadas irregularmente (ALBUQUERQUE *et al.*, 2017; CARVALHO *et al.*, 2018; LISBOA; BARROS; NASCIMENTO, 2020; NASCIMENTO, 2019; SANTOS; SILVA; LAFAYETTE, 2018, 2019), oferecendo diagnósticos e soluções acerca dos níveis de susceptibilidade a desastres que afligem esses espaços.

Desastres, como deslizamentos de terra e alagamentos, têm sido relativamente recorrentes nos últimos anos no Brasil e, apesar de esses problemas apresentarem origem natural, sofrem influência de ações antrópicas, como: o lançamento irregular de efluentes, cortes irregulares de taludes, desmatamento de vegetação e a deposição irregular de resíduos sólidos que intensificam a incidência e intensidade desses eventos (SANTOS *et al.*, 2020).

A concepção desses estudos e a elaboração de laudos técnicos são ferramentas importantes, pois servem como parâmetro para a implantação de políticas públicas de planejamento urbano nos diferentes níveis governamentais (federal, estadual e municipal), levando em consideração as características intrínsecas de cada região.

Logo, o objetivo deste estudo é verificar a evolução das ocupações irregulares e o risco ambiental em uma área de encosta no município de Recife-PE, facilitando, assim, a intervenção de políticas públicas que preservem a região e minimizem os possíveis danos recorrentes.

2 Método da pesquisa

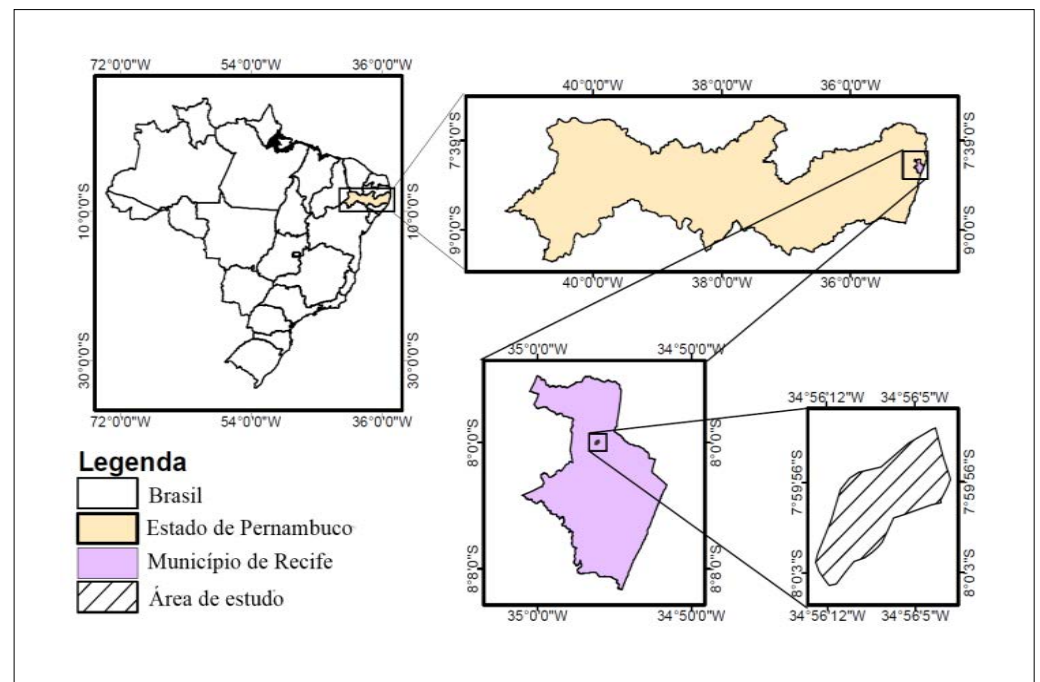
Nesta seção, as informações acerca da localização e características da área são abordadas, além da coleta de dados, georreferenciamento e análise temporal, sendo esse estudo enquadrado como exploratório, analítico ou descritivo, que é um tipo de pesquisa

realizada para áreas sobre as quais se tem escasso conhecimento e com intuito de suprir diversas lacunas referentes ao assunto.

2.1 Área de estudo

A área de estudo se encontra no bairro Nova Descoberta, localizado na cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, na Região Político-Administrativa 3 (RPA 3) (Figura 1). As RPAs foram criadas pela Lei Complementar nº 14/1973, com o objetivo de facilitar a ordenação e o planejamento das grandes capitais sob o ponto de vista de serviços, comércio, indústrias, infraestrutura, entre outros (PFALTZGRAFF, 2007).

Figura 1 ►
Localização da região de estudo na cidade do Recife-PE.
Fonte: dados da pesquisa.



O bairro de Nova Descoberta integra a Microrregião 3.3 e conta com uma área territorial de 1,8 km² e população residente de 34 mil habitantes, aproximadamente. De acordo com o Censo Demográfico (IBGE, 2013), o bairro está entre os dez mais populosos de Recife.

2.2 Clima, vegetação e relevo

A região foi formada por sedimentos terciários da Formação Barreiras, típicos de deposição fluvial, e apresenta solos com camadas mais arenosas, na base, e arenosas e argilosas intercaladas, nos topos, com elevado teor de feldspato, propícios a escorregamentos (ALHEIROS *et al.*, 2003).

O bairro Nova Descoberta, uma área de morro que foi desmembrada do bairro Casa Amarela, em cumprimento à Lei Municipal nº 14.452 (RECIFE, 1988), está inserido na unidade geomorfológica dos tabuleiros costeiros, com altitudes que variam de 13 metros a 91 metros. A vegetação original de Mata Atlântica foi desmatada e

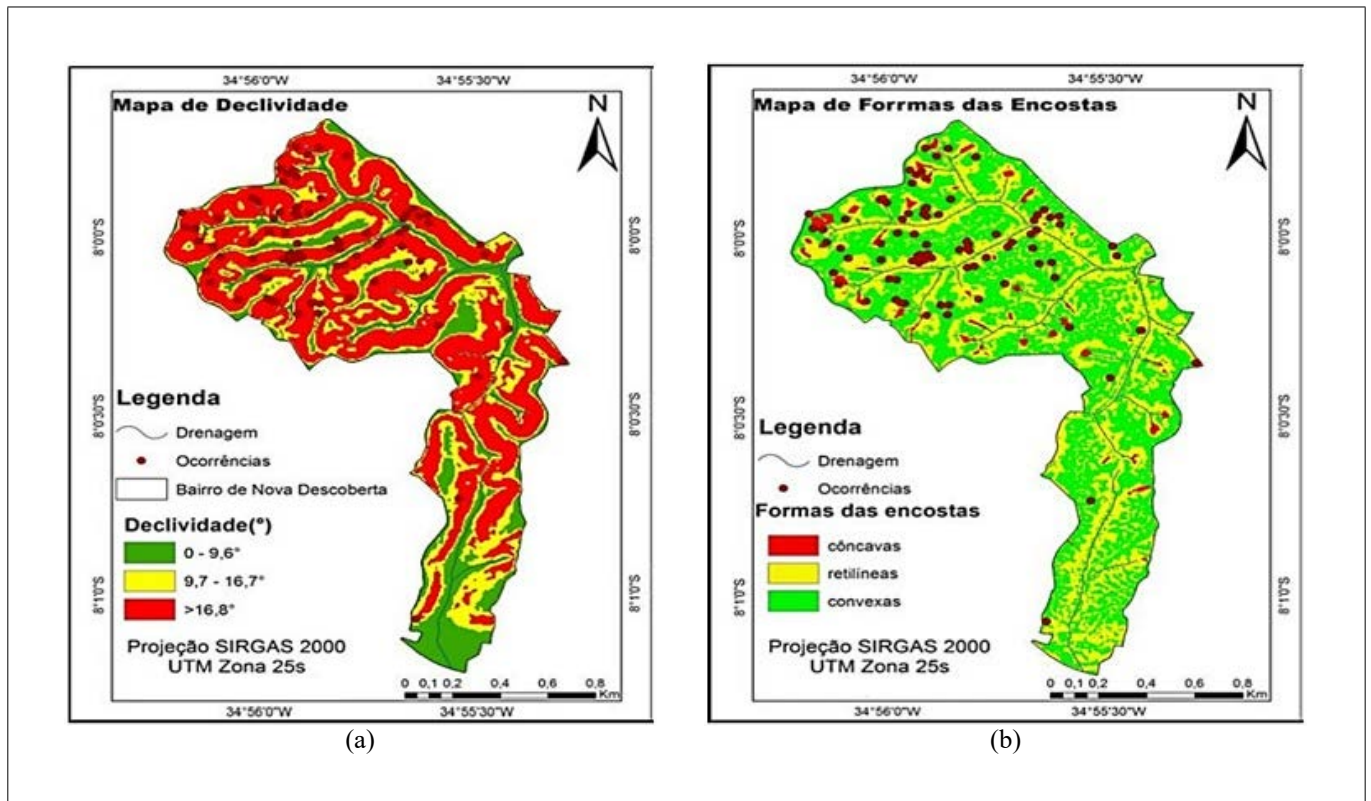
Figura 2 ▼

Mapas topográficos de declividade (a) e formas das encostas sobrepostas às ocorrências de escorregamento (b) do bairro Nova Descoberta.

Fonte: adaptado de Santana, Xavier e Listo (2017)

substituída por trechos de solos expostos e vegetação secundária de pequeno porte (SANTANA; XAVIER; LISTO, 2017).

Santana, Xavier e Listo (2017) verificaram que 55% da área do distrito de Nova Descoberta é composta por áreas declivosas ($> 16,8^\circ$), cuja ocupação é proibida. A livre ocupação urbana pode ocorrer em regiões com declividades no intervalo de 0° a $9,6^\circ$, mas, para ocupações com declividades entre $9,7^\circ$ e $16,7^\circ$, são necessários laudos e análises técnicas. Além da declividade, 60% das encostas de Nova Descoberta possuem formato convexo (Figuras 2a e 2b).



Apesar da temperatura média anual alta, Recife possui uma amplitude térmica baixa, devido à proximidade com a costa marítima. As amplitudes registradas durante o ano variam de $7,7^\circ\text{C}$ a $10,4^\circ\text{C}$. O período chuvoso se concentra entre os meses de março e julho, apresentando, assim, uma estação seca no verão e chuvosa no inverno. Segundo Silva (2018), a precipitação média anual é estimada entre 2.050 mm e 2.200 mm.

2.3 Coleta de dados

Com a área devidamente caracterizada, deu-se início à fase de coleta dos dados, quantitativos e qualitativos, para o desenvolvimento do estudo. Duas visitas à área de investigação foram realizadas, para aferição dos fatores de influência nos riscos ambientais que acometem o conjunto de encostas da região.

Uma vez determinados esses fatores, realizou-se a coleta dos registros fotográficos que iriam compor o acervo, para análise qualitativa dos riscos ambientais. Em adição,

ainda foram coletadas as coordenadas geográficas da localidade, garantindo-se assim a obtenção precisa das imagens de satélite e das ortofotocartas georreferenciadas da região.

As ortofotocartas georreferenciadas foram obtidas em parceria com a Agência Estadual de Pesquisas e Planejamento de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM), que detém o acervo de mapeamentos obtidos por meio de fotografias aéreas de toda a Região Metropolitana do Recife (RMR) e de demais regiões do estado de Pernambuco. As fotos obtidas foram referentes aos anos de 1975 e 1986. Vale salientar que, por falta de dados com qualidade de imagem, referentes ao intervalo de 1987 a 2017, não foi possível realização de análise nesse período.

Fazendo uso do software de acesso livre Google Earth Pro Versão 7.3.1.457 (64 bits), que se baseia no Sistema Geodésico de Referência WGS 84, foi obtida a imagem da localidade referente ao ano de 2018. A seleção da imagem de 2018, ao invés do ano de 2020 (mais atual), se deu em função da qualidade das imagens – como se observou grau reduzido de alterações físicas da área de estudo no período entre 2018 e 2020, a análise não foi comprometida.

2.4 Georreferenciamento

A elaboração dos mapas vetorizados (escalas fixadas em 1:10.000), oriundos das imagens de satélite e de ortofotocartas, foi realizada com o auxílio do Software QGIS Versão 3.01, utilizando-se o sistema de coordenadas da Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), para o fuso 25S, em conjunto com o Sistema de Referência Geocêntrico das Américas.

A extração das curvas de níveis da imagem de satélite foi executada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), sendo essas curvas oriundas do sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER). Para as ortofotocartas, no entanto, as curvas de nível foram aferidas com base no Datum Vertical Marégrafo de Imbituba-SC e no Datum Horizontal Córrego Alegre.

Para realizar a análise quantitativa da evolução das ocupações do solo da encosta e verificar o avanço da urbanização na localidade no período de 43 anos (1975–2018), as tipologias de cobertura foram subdivididas em quatro classes de ocupação, sendo elas: mancha urbana, vegetação, solo exposto e sistema viário.

Em seguida, as áreas das quatro classes foram coletadas seguindo-se alguns passos. Inicialmente as ortofotocartas de 1975, que foram entregues no formato JPEG, precisaram ser georreferenciadas no programa. Para isso, foi utilizada a função “georreferenciador” que está contida no menu raster, indicando os pontos de coordenadas da imagem.

Para o ano de 1986, a ortofotocarta já foi enviada em formato Tiff, o que facilitou o manuseio do material, já que as ortofotocartas, nesse formato, já estão georreferenciadas. O mesmo se aplica para os demais anos, já que o software disponibiliza também no formato Tiff, ou seja, já georreferenciado.

Após a identificação das classes de uso e ocupação do solo, foram confeccionados os mapas temáticos para os períodos estudados. Para isso, foi criada, no QGIS, uma camada, no formato vetorial (*shapefile*) do tipo polígono, para cada classe alvo do estudo. A geração dessas camadas se deu a partir de análise supervisionada, ou seja, foram definidas por meio de restituição estereofotogramétrica, que foi disponibilizada pelo Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP).

Por fim, foi possível quantificar as áreas de cada classe identificada no uso e ocupação do solo com ajuda da calculadora de campo, disponibilizada pela tabela de atributos dessa camada. O percentual de contribuição de cada classe de uso e ocupação do solo elencada, em relação à área total da região estudada, foi determinado segundo a Equação 1.

$$A_c(\%) = \frac{A_c}{A_t} \times 100 \quad (1)$$

onde: $A_c(\%)$ é o percentual de contribuição da área de classe de uso e ocupação do solo; A_c é a área da classe de uso e ocupação do solo (em ha); e A_t é a área total da região estudada (em ha).

2.5 Análise temporal

A análise foi composta de uma metodologia qualitativa de interação de causas e consequências, sendo possível identificar e mensurar os indicadores e seus respectivos níveis de influência na região, além da susceptibilidade a desastres ambientais para a região/área objeto de análise (NASCIMENTO, 2019).

A técnica em questão foi primeiramente utilizada por Leopold *et al.* (1971), que desenvolveram a tabela bidimensional (matriz) a partir da qual a relação dos eixos vertical (ações/indicadores) e horizontal (efeitos/consequências) fornece dados qualitativos dos níveis de impactos causados por ações antrópicas ao meio natural. A matriz utilizada foi baseada na adaptação sugerida por Nascimento (2019), que, em seu estudo para aferir os níveis de risco ambiental que acometiam um conjunto de encostas no bairro de Águas Compridas, em Olinda-PE, adotou como critério a análise em três classes: qualificação, natureza e reversibilidade.

Os riscos podem ser qualificados em níveis crescentes que vão de 0 a 5, sendo cada um deles a representação de uma gradação. O critério da natureza é aferido em conjunto com a qualificação do indicador e fornece o aspecto da interferência antrópica. Por fim, um grau de reversibilidade foi determinado para os indicadores de risco negativo elevado (NASCIMENTO, 2019).

Segundo Albuquerque *et al.* (2017), a utilização de metodologias qualitativas como essa tem relação direta com o nível de percepção crítica do observador, sendo “diretamente proporcional” ao seu conhecimento multidisciplinar, parâmetro esse que fornece exclusividade para os resultados encontrados.

3 Resultados da pesquisa

Nesta seção, os resultados são apresentados com as informações acerca do georreferenciamento e a dinâmica da ocupação da encosta, além da análise de risco bidimensional.

3.1 Georreferenciamento

Por meio dos mapas digitais vetorizados, confeccionados com base no georreferenciamento das ortofotocartas de 1975 e 1986 e da imagem de satélite de 2018, foi possível avaliar a dinâmica evolutiva dos processos de urbanização que aconteceram nas regiões de encostas do bairro de Nova Descoberta. As classes de ocupação do solo que descrevem a região nos últimos 43 anos foram quantificadas em função da área e da taxa de variação, seguindo metodologia semelhante à proposta por Nascimento (2019) e por Santos, Silva e Lafayette (2019).

Para o ano de 1975 (Figura 3), a classe de ocupação do solo de maior representatividade era a classe de vegetação nativa, que representava uma área aproximada de 3,91 ha, cerca de 74% de toda a área de estudo, a qual totaliza 5,30 ha.

Figura 3 ►
Mapa da ocupação territorial em 1975.
Fonte: dados da pesquisa



Observa-se que, para a presente configuração do espaço, o percentual ocupado pela classe de mancha urbana totalizava apenas 0,22 ha, menos que 5% do total, quantidade menor que o apresentado para a feição do solo exposto, o qual ocupou pouco mais que 1/5 de toda a área (21,07%).

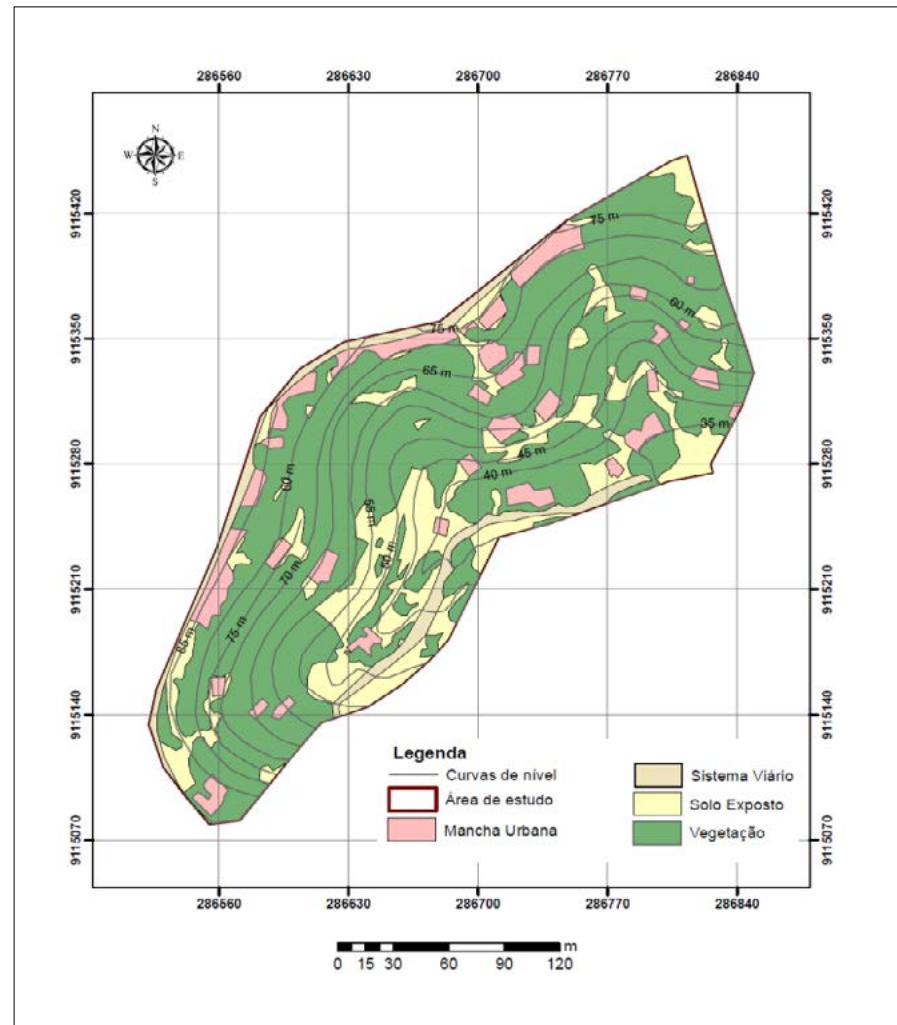
Segundo Alencar (2016) e Nascimento (2019), a quantidade elevada de área verde e a “quase” inexistente presença da classe de mancha urbana se deviam ao fato de que, para a época, os bairros periféricos da cidade do Recife e da cidade de Olinda serviam

como localidades “dormitórios” para o centro comercial da cidade do Recife na época, tendo pouquíssimos registros de ocupação social.

De acordo com os parâmetros de suscetibilidade a deslizamentos identificados por Santos, Silva e Lafayette (2019), em seu estudo sobre os impactos ambientais decorrentes da deposição irregular de resíduos sólidos em uma encosta do bairro de Dois Unidos, na cidade do Recife, associa-se que, apesar de a localidade no bairro de Nova Descoberta apresentar elevado grau de declividade, que é considerado um agravante para a ocorrência de deslizamentos em áreas de encosta no ano de 1975, o percentual de vegetação atuava a favor da segurança no local.

Para o ano de 1986, apenas 11 anos depois, o espaço físico se modificou bastante em relação ao ano de 1975 (Figura 4).

Figura 4 ▶
Mapa da ocupação territorial em 1986.
Fonte: dados da pesquisa



As alterações nas feições da região aconteceram principalmente em relação à vegetação nativa e às classes que representam as intervenções antrópicas – mancha urbana e sistema viário. A vegetação apresentou uma redução de 11,25%, seguida por aumentos de 131,81% e 400% para mancha urbana e sistema viário, respectivamente.

A classe de solo exposto praticamente se manteve, variando de 1,12 ha para 1,07 ha nesses 11 anos. Houve crescimento acelerado da mancha urbana, ainda que em tão curto espaço de tempo, provocando a evolução do sistema viário local, que era praticamente inexistente em 1975. Tais modificações físicas da localidade também se evidenciam

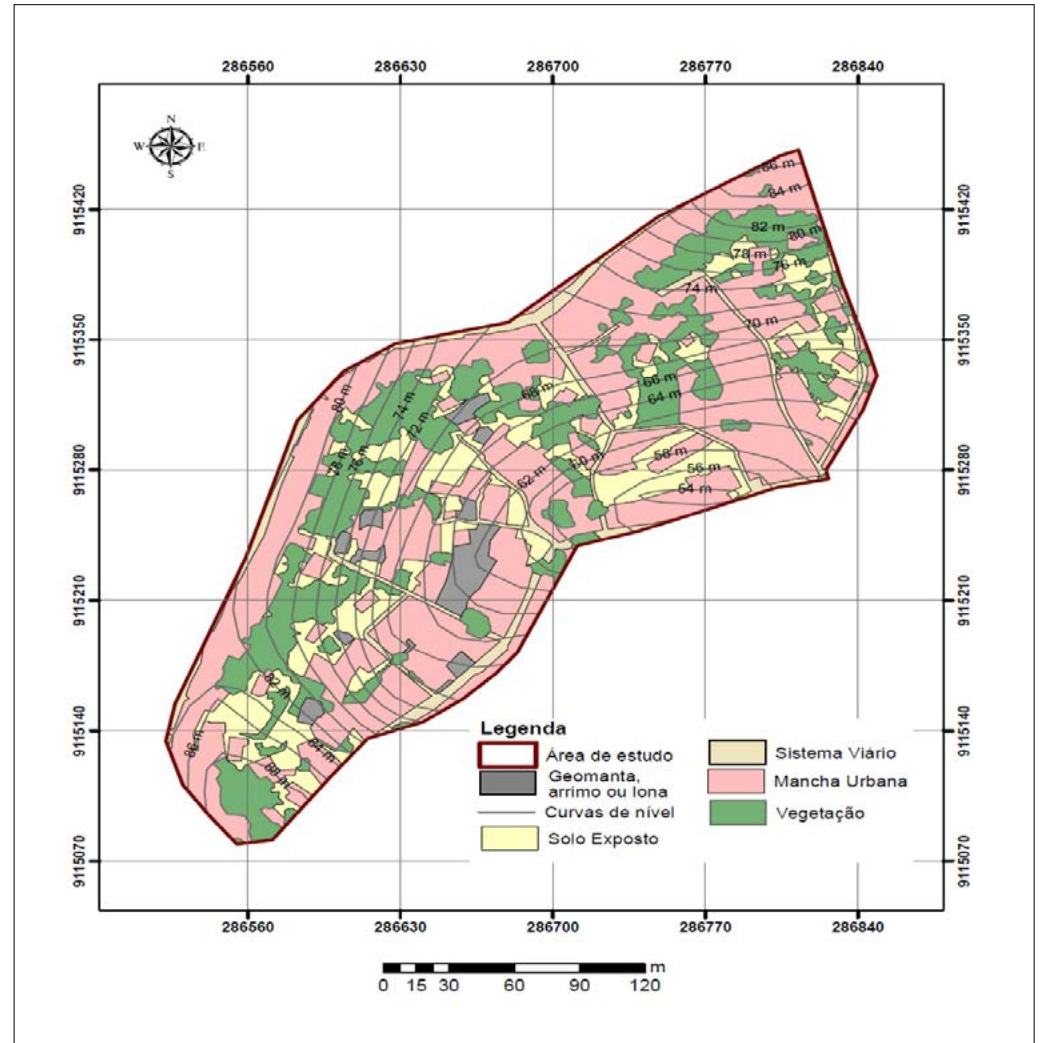
na configuração das curvas de nível e declividades da região, atenuadas na região mais central, denotando cortes de terra, e intensificadas nas regiões com solo exposto, caracterizando a ação de processos erosivos.

Finalmente, para o ano de 2018, fim do período do estudo temporal, as modificações apresentaram sinais claros da ocupação desordenada da região, cada vez mais evidenciada pelo avanço da classe de mancha urbana, que cresceu desconcertantes 425,49% em relação ao ano de 1986 (Figura 5).

Figura 5 ►

Mapa da ocupação territorial em 2018.

Fonte: dados da pesquisa

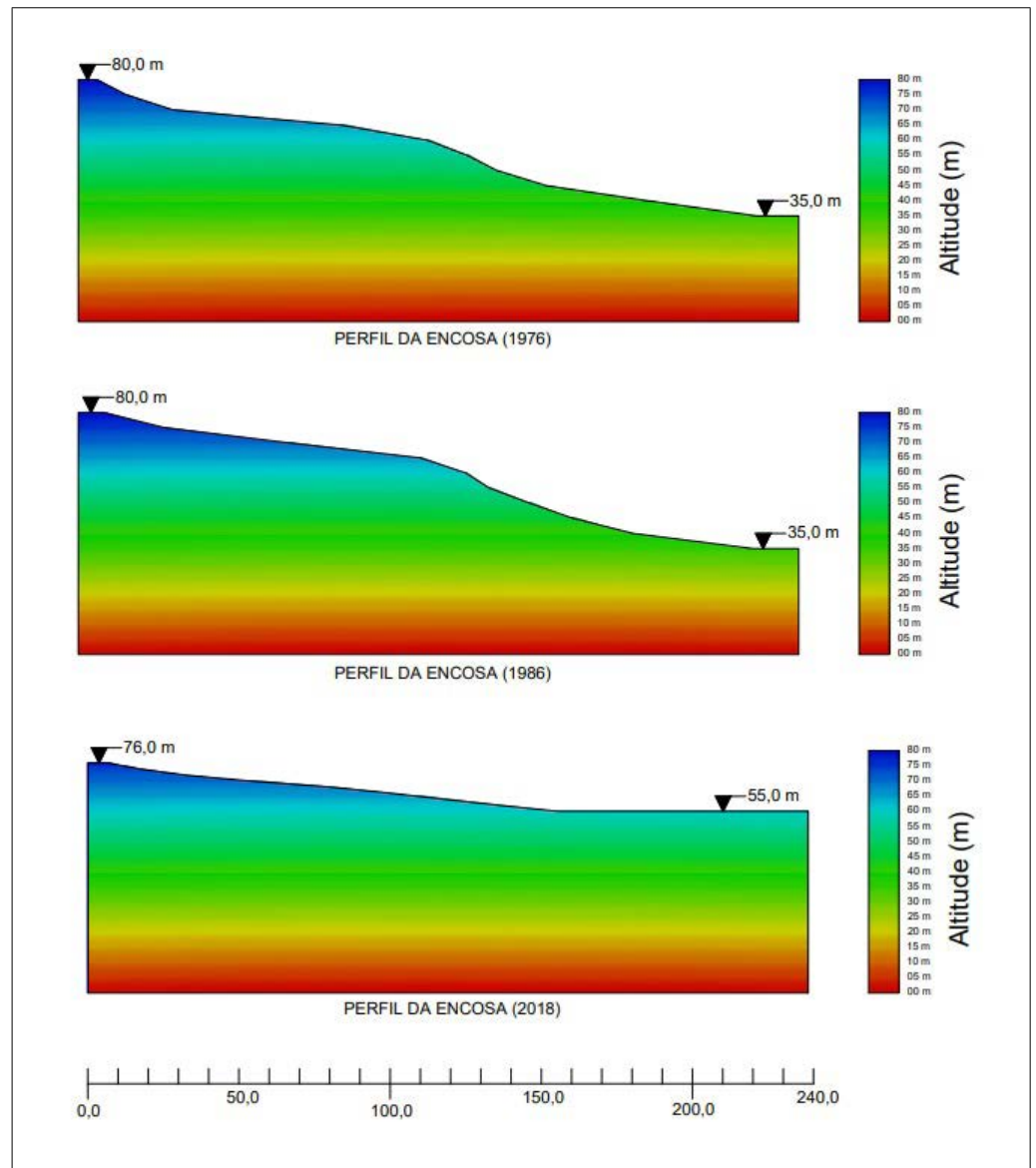


É possível notar a presença de estruturas de contenção não estruturais que foram colocadas na encosta durante esse período de 32 anos, alocadas em regiões que, para os anos de 1975 e 1986, apresentavam solo exposto. A vegetação nativa chegou ao seu estado mais crítico até então, reduzindo cerca de 64,55% em relação ao período anterior, denotando a elevada redução da biodiversidade local em favor do avanço da urbanização.

De forma geral, a feição de mancha urbana apresentou um crescimento de 1.118,81% entre os anos de 1975 e 2018, um valor muito elevado e semelhante ao encontrado por Nascimento (2019), em seu estudo acerca dos riscos ambientais no bairro de Águas Compridas, em Olinda-PE, que aferiu crescimentos da ordem de 900% para a classe de mancha urbana, em um período de análise de 41 anos.

Em relação à evolução dos níveis de base da seção crítica da encosta, foram encontrados valores que reforçam a ocorrência de deslizamentos na região durante esse período de análise, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 ►
Variação dos níveis de base
ao longo do período de
estudo (1975 a 2018).
Fonte: dados da pesquisa



Durante os 43 anos objetos de análise, o ponto mais alto da seção selecionada da encosta variou de 80 metros para 76 metros em relação ao nível do mar. Já no nível de base da encosta, essa mudança foi bastante crítica, variando dos iniciais 35 metros de altura em relação ao nível do mar, em 1975, para 55 metros, em 2018, revelando um aumento de cerca de 20 metros.

De acordo com Lisboa, Barros e Nascimento (2020), modificações do nível de base em regiões de encosta com influência de ocupações desordenadas caracterizam a ação de processos de deslizamento de terra ao longo dos anos. Esse tipo de problemática é de fundamental importância para determinação dos níveis de alteração de origem antrópica no meio urbano.

3.2 Análise de risco

A análise bidimensional de causa e consequência (matriz), resultante do processo de qualificação dos níveis de risco ambiental, é apresentada no Quadro 1. Para a formulação qualitativa, foram verificados, *in situ*, os “fatores de influência” (quadrículas horizontais) e as “ações que podem causar impactos” (quadrículas verticais) na área de estudo.

Quadro 1 ►

Matriz de probabilidade e consequência.
Fonte: dados da pesquisa

| Ações que podem causar impactos | Fatores que podem ser afetados | | | | | | | Total (+) | Total (-) | Saldo |
|--|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-------|
| | Erosão e degradação do solo | Movimento de massa de terra | Escoamento superficial | Redução da biodiversidade | Qualidade de vida | Poluição visual | Exclusão social | | | |
| Supressão da vegetação nativa | -5 | -5 | -4 | -5 | -2 | -1 | 0 | 0 | 22 | -22 |
| Solo exposto | -4 | -3 | -4 | -5 | -2 | -3 | 0 | 0 | 21 | -21 |
| Impermeabilização do solo | -5 | -4 | -5 | -5 | -3 | -4 | 0 | 0 | 26 | -26 |
| Edificações em áreas de encosta | -5 | -5 | -5 | -5 | -4 | -3 | -2 | 0 | 29 | -29 |
| Presença de espécies vegetais impróprias | 0 | -1 | -3 | 1 | 0 | -3 | 0 | 1 | 7 | -6 |
| Tipologia construtiva | -1 | -5 | 0 | -1 | -4 | -5 | -1 | 0 | 17 | -17 |
| Cortes irregulares de talude | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -4 | 0 | 0 | 29 | -29 |
| Esgoto | -2 | -1 | 0 | -2 | -4 | -4 | -1 | 0 | 14 | -14 |
| Deposição irregular de resíduos sólidos | -5 | 3 | 0 | 2 | -5 | -5 | -3 | 5 | 18 | -13 |
| Descarga de água pluvial | -5 | -5 | -5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 15 | -11 |
| Obstrução das galerias e drenos | 2 | 1 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 9 | 0 | 9 |
| Vegetação de grande porte | 4 | 3 | 4 | -2 | 2 | -1 | 0 | 13 | -3 | 10 |
| Contenções não estruturais | 3 | 4 | 2 | -1 | 4 | 4 | 0 | 17 | 1 | 16 |
| Total (+) | 9 | 11 | 6 | 7 | 10 | 6 | 0 | | | |
| Total (-) | -37 | -34 | -31 | -31 | -29 | -33 | -7 | | | |
| Saldo | -28 | -23 | -25 | -24 | -19 | -27 | -7 | | | -153 |



Impacto Reversível



Impacto Irreversível

A análise demonstra, de forma geral, um elevado grau de reversibilidade para a maioria das classes de interação da matriz, com sete quadrículas indicando grau de irreversibilidade para as modificações de origem antrópica. Apesar de a matriz apresentar um número de interações reversíveis muito superior ao de irreversíveis, o diagnóstico de

impactos ambientais com feições irreversíveis serve, de acordo com Santos *et al.* (2020), como indicativo de taxas elevadas para os riscos de degradação ambiental.

Uma dessas ações causadoras de impacto, com grau de irreversibilidade, foi a de “Cortes Irregulares de Talude”, a qual apresentou, no geral, uma nota negativa de -29, de um total de -35, valor verificado em campo e por meio da evolução dos níveis de base críticos. De acordo com Schlee (2013), tais resultados caracterizam uma situação crítica para as regiões de encosta. Resultados similares foram encontrados por Nascimento (2019) em seu estudo no conjunto de encostas da comunidade Ladeira do Giz, em Olinda-PE, onde foram aferidos -26, de um total de -35.

Para os fatores causadores de impacto, apenas três não apresentaram resultados negativos: “Obstrução das Galerias e Drenos”, “Vegetação de Grande Porte” e “Contenções não Estruturais”, com valores de +9, +10 e +16, respectivamente. Não foi identificada a presença de vegetação de grande porte na localidade, constatação essa que, do ponto de vista prevencionista, é um fator positivo, uma vez que esse tipo de vegetação não é indicado para regiões de encosta.

Não foram identificadas galerias e drenos de captação pluviais obstruídos, pois, segundo Rodrigues (2019), a Prefeitura realizou limpezas recentes, em função de deslizamentos de terra, sem vítimas, que ocorreram em junho de 2019. As contenções não estruturais notificadas na área foram referentes à instalação de lonas plásticas que estavam alocadas em grandes extensões da encosta – essas lonas, apesar de serem uma classe de solução não definitiva, garantem o escoamento de água pluvial no talude sem a lixiviação dos finos do solo.

As ações de impacto relacionadas à supressão da vegetação nativa e às edificações na área de encosta foram os resultados mais alarmantes na análise de risco global. Apesar de apresentar nota negativa de -22, não sendo a pior para a presente análise, tal resultado para a supressão da vegetação nativa indicou a maior quantidade de impactos irreversíveis (3) em relação aos riscos, evidenciando o grau de interferência antrópica não planejada na área.

As edificações construídas próximas às áreas de encosta não apresentaram nenhum impacto de grau irreversível, porém foi nessa classe que foi identificada a maior quantidade de notas negativas máximas (-5). Segundo Santos (2020), tal resultado é um forte indicador da susceptibilidade a desastres ambientais em regiões de encosta caracterizadas pelo desenvolvimento de autoconstruções, ou seja, sem planejamento e amparo de um técnico competente.

O saldo total encontrado para análise de riscos indicou um valor negativo de -153, de um total de -450; tal resultado revela níveis de interferência antrópica e de riscos ambientais muito elevados. O estudo de Nascimento (2019), que utilizou a mesma metodologia de análise deste estudo, encontrou valor de -178, de um total de -450, para o conjunto de encostas que forma a comunidade da Ladeira do Giz, em Olinda-PE. Resultados similares também foram encontrados por Santos, Silva e Lafayette (2019) para uma encosta do Alto do Capitão, em Recife-PE.

4 Conclusão

Com base nos resultados indicados neste artigo, foi possível alcançar os seguintes entendimentos acerca da análise:

- No bairro de Nova Descoberta, localidade periférica afetada pela presença de encostas, foram constatados diversos indicadores de intervenção antrópica nociva durante os 43 anos objetos de análise (1975–2018);
- Através das visitas realizadas ao local, resguardadas no formato de registros fotográficos, foi possível aferir o diagnóstico dos níveis de risco ambiental em que a região de estudo está inserida, com notificações de deposição irregular de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e a inadequação do sistema viário e de saneamento básico;
- A análise temporal dos mapas georreferenciados indicou grande avanço da classe de cobertura de mancha urbana, com assustadores 1.118,81% de crescimento, quando considerados os 43 anos analisados, denotando a ausência de planejamento urbano por parte das entidades públicas competentes no desenvolvimento da região;
- A feição de cobertura que mais sofreu com a urbanização desordenada foi a de vegetação, que apresentou um decréscimo de 68,54% em representatividade entre 1975 e 2018, fator que agrava a situação local, pois reduz a capacidade do solo de absorver a demanda pluviométrica local;
- Para a evolução dos níveis de base da localidade, foi verificada pequena variação entre os anos de 1975 e 1986, com uma leve planificação na região mais central da seção, que aconteceu em função do início da ocupação da encosta;
- O período compreendido entre 1986 e 2018 demonstrou as alterações mais graves, com uma redução da parte superior da encosta em 4 metros e com o aumento do nível de base da encosta de 35 metros, em 1986, para 55 metros, em 2018, ou seja, a ação de deslizamentos no período elevou em 20 metros a base da encosta. Tal modificação reflete, de um modo geral, o aumento da população em Recife durante o período de 1980 a 2021, que foi de aproximadamente 38% (IBGE, 1997, 2021);
- A análise qualitativa, com a matriz de causa e consequência, indicou o grau de cada um dos fatores de risco ambiental, revelando sete interações da matriz com impactos irreversíveis, sendo a classe de supressão da mata nativa a que mais apresentou impactos dessa natureza;
- O resultado geral da matriz (-153) corroborou os resultados encontrados em campo, por meio da análise temporal, da verificação dos níveis de base e dos registros fotográficos coletados *in situ*, qualificando a região como um foco de condicionantes para a ocorrência de deslizamentos de terra.

Diante do exposto, é possível inferir que o estudo dos níveis de risco ambiental em conjunto com a análise temporal, realizados no bairro de Nova Descoberta, conferiu um diagnóstico preciso para a região. Tais resultados são de fundamental importância, pois servem de base para a definição de prioridades e para a aplicação de medidas estruturais e/ou não estruturais, com a participação da comunidade e principalmente do poder público, no intuito de minimizar os riscos nessas áreas.

Financiamento

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Conflitos de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ALBUQUERQUE, R. A.; CARVALHO, F. A.; XIMENES, T. C. F.; LAFAYETTE, K. P. V. Temporal evolution of occupation and land use in an area of risk slope's in the city of Jaboatão dos Guararapes – Brazil. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 22, n. 3, p. 809-818, 2017. Disponível em: <http://www.ejge.com/2017/Ppr2017.0066ma.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2020.

ALHEIROS, M. M.; SOUZA, M. Â. A.; BITOUN, J.; MEDEIROS, S. M. G. M.; AMORIM JÚNIOR, W. M. **Manual de ocupação dos morros da Região Metropolitana do Recife**. Recife: Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM, 2003. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/institucional/136-secretaria-nacional-de-programas-urbanos/prevencao-e-erradicacao-de-riscos/1854-manual-de-ocupacao-de-morros-na-regiao-metropolitana-de-recife>. Acesso em: 28 mar. 2023.

ALENCAR, J. O. A história do bairro de Águas Compridas (Olinda): que surgiu entre córregos, ladeiras, morros e o riacho Lava-Tripas. **Blog Vozes da Zona Norte**, Olinda, 11 set. 2016. Disponível em: <https://vozesdazonanorte.blogspot.com/2016/09/o-bairro-de-aguas-compridas-olinda.html>. Acesso em: 5 out. 2020.

CARVALHAIS, R. M.; MORAES, N. A.; SILVA, H. F.; BERNARDES, I. M. M. Deslizamento de encostas devido a ocupações irregulares. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 9765-9772, 2019. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2431>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CARVALHO, F. A.; SANTOS, M. J. P.; SILVA, T. A.; LAFAYETTE, K. P. V. Avaliação dos impactos ambientais decorrentes da urbanização no município de São Lourenço da Mata/PE In: CONGRESSO INTERNACIONAL SUSTENTABILIDADE URBANA, 1.; JORNADA URBENERE, 14.; JORNADA CIRES, 2., 2018, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: UFES, 2018. p. 975-992. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/59318>. Acesso em: 28 mar. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da população 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/habitacao/19878-1996-contagem2.html>. Acesso em: 20 jan. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=286302>. Acesso em: 20 jan. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 15 nov. 2021.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **A procedure for evaluating environmental impact**. Washington, D.C.: U. S. Geological Survey, 1971. (Circular, 645). DOI: <https://doi.org/10.3133/cir645>.

LISBOA, F. T.; BARROS, G. V. P.; NASCIMENTO, P. S. R. Análise da vulnerabilidade ao processo erosivo das encostas: estudo de caso no Município de Itaporanga D'Ajuda (SE). **Ciência & Natura**, v. 42, e61, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/38783/html>. Acesso em: 10 nov. 2020.

NASCIMENTO, L. A. **Avaliação dos riscos ambientais decorrentes de ocupações irregulares em encostas no município de Olinda/PE**. 2019. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2019.

NASCIMENTO, L. A.; SILVA, T. A.; SANTOS, M. J. P.; LAFAYETTE, K. P. V. Análise dos riscos ambientais decorrentes de ocupações irregulares em uma encosta do município de Olinda – PE. *In*: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. Recife: Editora UFRPE, 2020. p. 91-101. Disponível em: <http://www.editora.ufrpe.br/node/144>. Acesso em: 11 fev. 2022.

PFALTZGRAFF, P. A. S. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos da região metropolitana de Recife**. 2007. 120 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6331>. Acesso em: 12 jan. 2022.

RECIFE. **Decreto nº 14.452, de 26 de outubro de 1988**. Institui 12 RPA's e dá outras providências. Recife: Prefeitura Municipal do Recife, 1988. Disponível em: <http://www.legiscidade.recife.pe.gov.br/decreto/14452/>. Acesso em: 12 jan. 2022.

RODRIGUES, J. Deslizamento de terra atinge casas em Nova Descoberta. **Folha de Pernambuco**, Recife, 27 maio 2019. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/deslizamento-de-terra-atinge-casas-em-nova-descoberta/106112>. Acesso em: 8 out. 2020.

SANTANA, J. K. R.; XAVIER, J. P. S.; LISTO, F. L. R. Parâmetros topográficos e a distribuição espacial dos escorregamentos rasos no bairro de Nova Descoberta, Região Metropolitana do Recife (PE). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 4207-4212, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2323>.

SANTOS, E. I.; ALENCAR, M. L. S.; SCHRAMM, V. B.; SANTOS, J. S.; NASCIMENTO, M. T. C. C. Uso de geotecnologias no estudo da degradação das terras da bacia do rio Sucuru, na Paraíba. **Ciência & Natura**, v. 42, e57, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/33089/html>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SANTOS, M. J. P. **Reforço de um solo erodível com resíduos de construção e fibras de coco babaçu**. 2020. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=9342339. Acesso em: 28 mar. 2023.

SANTOS, M. J. P.; SILVA, T. A.; LAFAYETTE, K. P. V. Análise dos impactos ambientais causados por resíduos sólidos numa encosta no município de Recife – PE. *In*: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (org.). **Resíduos Sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1. ed. Recife: Editora UFRPE, 2019. p. 84-93. Disponível em: https://www.dropbox.com/s/welg7whcb9ip5ti/ebook_epersol_RS_IAIT.pdf?dl=0. Acesso em: 5 jan. 2022.

SANTOS, M. J. P.; SILVA, T. A.; LAFAYETTE, K. P. V. Avaliação dos indicadores de qualidade de moradia em uma encosta de Recife – PE. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE SUSTENTABILIDADE URBANA, 1.; JORNADA URBENERE, 14.; JORNADA CIRES, 2., 2018, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: UFES, 2018. p. 955-964. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/59318>. Acesso em: 28 mar. 2023.

SCHLEE, M. B. Ocupação de encostas urbanas: algumas considerações sobre resiliência e sustentabilidade. **Cadernos Metrópole**, v. 15, n. 29, p. 241-264, 2013. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/15824>. Acesso em: 21 fev. 2022.

SILVA, E. C. **Variabilidade espaço-temporal da pluviosidade da região metropolitana de Recife**. 2018. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32850>. Acesso em: 21 jan. 2022.

ZAMBON, I.; SALVATI, L. Demographic dynamics, economic expansion and settlement dispersion in Southern Europe: contrasting patterns of growth and change in three metropolitan regions. **Management Research & Practice**, v. 10, n. 2, p. 41-62, 2018. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/rom/mrpase/v10y2018i2p41-62.html>. Acesso em: 12 nov. 2020.