



## AVALIAÇÃO RÁPIDA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM IGARAPÉS DE MANAUS-AM

Rodrigo de Souza Barreto de Almeida<sup>1</sup>; Evely Laranjeira Marques<sup>2</sup>; Rodrigo Couto Alves<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro sanitário. UFAM. rodrigobarreto007@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheira Sanitarista. UFAM. evelyl.marques@gmail.com

<sup>3</sup>Engenharia Ambiental e Sanitarista. UFAM. rcouto@ufam.edu.br

### RESUMO

A expansão urbana desordenada nas cidades amazônicas tem provocado sérios impactos socioambientais, especialmente sobre os corpos hídricos urbanos. Este estudo teve como objetivo aplicar o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) em quatro trechos dos igarapés do Mindú e do Quarenta, localizados em Manaus-AM, com a finalidade de diagnosticar o nível de degradação ambiental desses mananciais e analisar historicamente suas transformações. A metodologia incluiu visitas de campo, preenchimento de fichas técnicas baseadas em 12 parâmetros físicos (como ocupação das margens, presença de vegetação, impactos antrópicos e oleosidade da água) e análise geoespacial de imagens históricas via Google Earth Pro. Os resultados demonstraram que três trechos foram classificados como impactados e apenas um como alterado, evidenciando a fragilidade ambiental dos igarapés estudados. As principais causas observadas foram o despejo de efluentes domésticos e industriais, a retirada da vegetação ciliar, a canalização dos cursos d'água e a ocupação irregular das margens por comunidades vulneráveis. A análise temporal revelou a perda progressiva da cobertura vegetal e o avanço da urbanização sem planejamento. O estudo destaca a eficácia do PAR como ferramenta de diagnóstico ambiental de baixo custo, contribuindo para a gestão dos recursos hídricos urbanos. Conclui-se que é urgente a implementação de políticas públicas integradas voltadas ao saneamento, ordenamento territorial e recuperação ambiental dos igarapés urbanos de Manaus.

**Palavras-chave:** Igarapés. Degradação ambiental. Protocolo de Avaliação Rápida. Urbanização desordenada. Manaus-AM.

### 1 INTRODUÇÃO

A expansão urbana acelerada nas cidades brasileiras, impulsionada por fatores socioeconômicos, tem gerado significativos impactos ambientais, sobretudo nas áreas urbanas das regiões amazônicas. Em Manaus, capital do Amazonas, esse processo ocorreu de forma desordenada, desprovido de infraestrutura adequada e de políticas públicas eficazes, resultando na degradação dos corpos hídricos urbanos, como os igarapés e suas nascentes (Barcella; Melazzo, 2022; Cabral, 2021).

O crescimento populacional desordenado e a ocupação irregular em Áreas de Preservação Permanente (APPs), especialmente nas margens de igarapés, têm sido acompanhados de alagamentos, poluição, descarte inadequado de efluentes e acúmulo de resíduos sólidos, agravando os riscos socioambientais enfrentados por comunidades de baixa renda (Sánchez, 2013; Vasconcellos, 2015). Em Manaus, os igarapés do Mindú e do Quarenta, historicamente associados ao processo de urbanização da cidade, exemplificam



de forma evidente a deterioração ambiental promovida pela ação antrópica (Pinto, 2008; Silva et al., 2018).

Estudos apontam que cerca de 87,57% do esgoto gerado em Manaus é despejado nos igarapés, resultado direto da falta de saneamento básico e da redução de investimentos públicos no setor (Souza Filho; Alves, 2022). Tais fatores impactam drasticamente a qualidade da água, o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos e a saúde pública, ao passo que fomentam a desigualdade socioespacial (SILVA; LIMA, 2008; MELO et al., 2005).

Diante desse cenário, a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) surge como uma ferramenta eficaz para análise da integridade ambiental de corpos hídricos urbanos. De acordo com Callisto et al. (2002) e Freitas et al. (2015), o PAR permite avaliar a condição física de rios e igarapés de forma prática, com resultados confiáveis e de baixo custo, servindo de subsídio para ações de gestão ambiental.

O presente trabalho teve como objetivo aplicar o PAR em quatro trechos dos igarapés do Mindú e do Quarenta, em Manaus-AM, além de realizar uma análise temporal geoespacial para compreender as transformações ambientais ao longo do tempo. A proposta visa contribuir para a discussão sobre a importância do planejamento urbano ambiental e da gestão dos recursos hídricos na promoção da sustentabilidade nas cidades amazônicas.

## **2 METODOLOGIA**

A pesquisa desenvolvida teve como base uma abordagem qualitativa, descritiva e exploratória, com ênfase na aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) e no uso de ferramentas de geoprocessamento para análise temporal e espacial dos impactos ambientais em igarapés urbanos. A metodologia foi estruturada em três etapas principais: (1) caracterização da área de estudo; (2) aplicação do PAR; e (3) análise geoespacial histórica.

### **Caracterização da área de estudo**

A pesquisa foi realizada na cidade de Manaus-AM, com foco em dois dos principais igarapés urbanos: o Igarapé do Mindú, localizado nas zonas Leste e Centro-Sul, com extensão aproximada de 23 km e área de bacia de cerca de 66 km<sup>2</sup> (QUEIROZ et al., 2020); e o Igarapé do Quarenta, com aproximadamente 38 km de extensão, abrangendo parte da zona Sul e o Distrito Industrial, área impactada por efluentes industriais e ocupações irregulares (PINTO, 2008; SILVA et al., 2020).

### **Procedimentos metodológicos**

Os pontos de coleta e análise foram definidos a partir de visitas in loco, análise de imagens de satélite e da experiência prévia do pesquisador em avaliações ambientais. Para garantir maior abrangência territorial, foram selecionados dois pontos por igarapé, totalizando quatro trechos: MP1 e MP2 (Mindú), QP1 e QP2 (Quarenta). Os critérios



utilizados incluíram: nível de acessibilidade, presença de impactos visíveis e características ambientais relevantes.

O PAR adotado foi o de diversidade de habitats, desenvolvido por Callisto et al. (2002) e adaptado por Radtke et al. (2015), utilizando 12 parâmetros físicos para caracterização ambiental dos cursos d'água. Esses parâmetros incluíram: tipo de ocupação das margens, impactos antrópicos no leito e margens, odor e oleosidade da água, presença de vegetação aquática, tipo de fundo, diversidade de habitats, deposição de lama, alterações no canal do rio, presença de mata ciliar e estabilidade das margens.

Cada parâmetro recebeu uma pontuação com base em categorias qualitativas (ausente, moderada, acentuada, entre outras), e os resultados foram somados para cada ponto avaliado. A interpretação dos dados seguiu a classificação proposta por Lobo et al. (2011), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Pontuações e Classificação

Pontuação	Classificação Ambiental
0 – 22	Impactado
23 – 32	Alterado
> 32	Natural

**Fonte:** Autoria própria (2023)

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) nos igarapés do Mindú e do Quarenta, em Manaus-AM, permitiu identificar o nível de perturbação ambiental desses corpos hídricos urbanos, além de possibilitar uma análise temporal geoespacial das transformações ocorridas nas suas margens ao longo das últimas décadas. A seguir, são apresentados e discutidos os resultados obtidos em quatro trechos amostrados, acompanhados por registros fotográficos e imagens históricas analisadas por meio do Google Earth Pro.

Conforme os dados obtidos pela aplicação do PAR, a Tabela 1 apresenta as pontuações e respectivas classificações dos trechos estudados:

**Tabela 2.** Pontuações e Classificação dos Igarapés

Trecho	Pontuação (PAR)	Classificação
MP1 (Mindú)	19	Impactado
MP2 (Mindú)	22	Impactado



Trecho	Pontuação (PAR)	Classificação
QP1 (Quarenta)	23	Alterado
QP2 (Quarenta)	11	Impactado

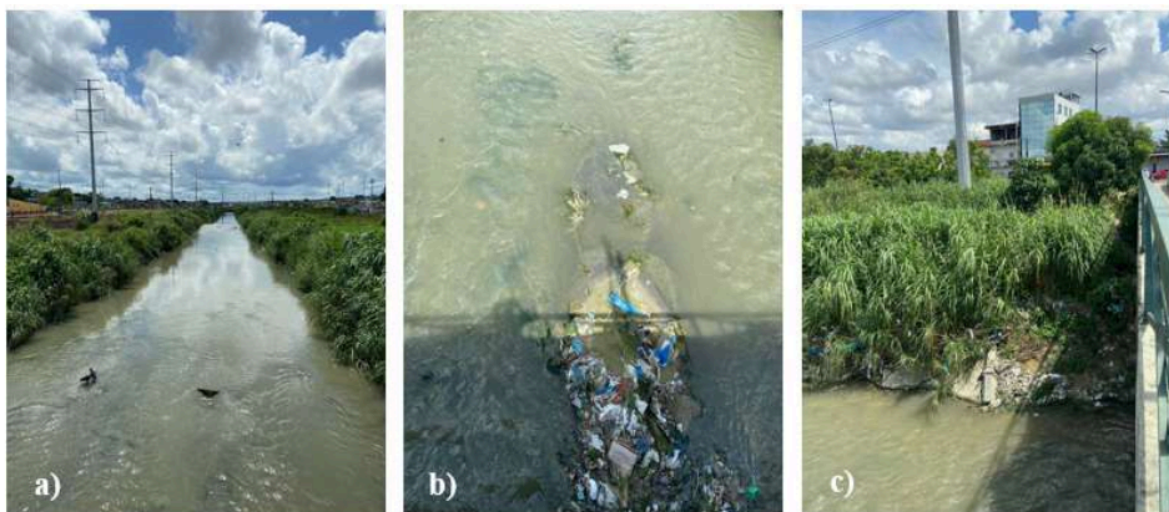
**Fonte:** Autoria própria (2023)

Conforme a classificação de Lobo et al. (2011), os trechos MP1, MP2 e QP2 apresentaram pontuações entre 0 e 22, sendo considerados "impactados", enquanto o trecho QP1, com 23 pontos, foi classificado como "alterado", estando a apenas um ponto do limite inferior para essa categoria. Nenhum trecho foi classificado como "natural". Esses resultados revelam um panorama preocupante da integridade ambiental dos igarapés avaliados, com níveis elevados de degradação associados a pressões antrópicas diversas.

### Igarapé do Mindú

Com 19 pontos, o trecho MP1 foi classificado como impactado. Durante as visitas de campo, observou-se a presença significativa de lixo tanto nas margens quanto no leito, além da ocorrência de sedimentos e animais soltos. A vegetação ciliar era esparsa e havia ausência de ocupações marginais diretas, embora o entorno apresentasse edificações e ruas pavimentadas (Figura 1). A degradação neste trecho é atribuída principalmente à deposição irregular de resíduos sólidos, escoamento pluvial contaminado e falta de ações de recuperação ambiental.

**Figura 1.** Trechos no Igarapé do Mindú (a. Presença de animais. B. Sedimentos e lixo. C. Lixo nas margens)



**Fonte:** Autoria própria (2023)





Estudos anteriores corroboram esse cenário: Freitas et al. (2015) identificaram a presença de coliformes fecais em diferentes pontos do Mindú, indicativos de lançamentos clandestinos de esgoto doméstico. Além disso, Souza Filho et al. (2020) relataram condições anóxicas de oxigênio dissolvido no igarapé, apontando para a baixa qualidade da água.

Com pontuação de 22 pontos, o trecho MP2 também foi classificado como impactado. Embora houvesse vegetação em suas margens e ausência de casas sobre o igarapé, a quantidade de lixo flutuante e sedimentado era elevada, e havia tubulações despejando efluentes diretamente no curso d'água (Figura 2).

**Figura 2.** Trechos no Igarapé do Mindu (a. Tubulações; b. Lixo nas margens; c. Lixo flutuando)



**Fonte:** Autoria própria (2023)

Observou-se, ainda, a proximidade de grandes condomínios residenciais e obras de infraestrutura, como canaletas e redes de esgoto. O trecho ilustra bem o impacto da urbanização não planejada sobre os cursos hídricos, mesmo em áreas onde há certa cobertura vegetal remanescente.

### Igarapé do Quarenta

Classificado como alterado, com 23 pontos, o trecho QP1 apresentou vegetação significativa nas margens e presença de plantas aquáticas no leito. No entanto, registrou-se também a presença de lixo, lodo e sedimentos acumulados, além de domicílios em áreas próximas (Figura 3).

**Figura 3.** Trechos no Igarapé do Quarenta (a. Vegetação e domicílios; b. Sedimentos; c. Lixo nas margens)

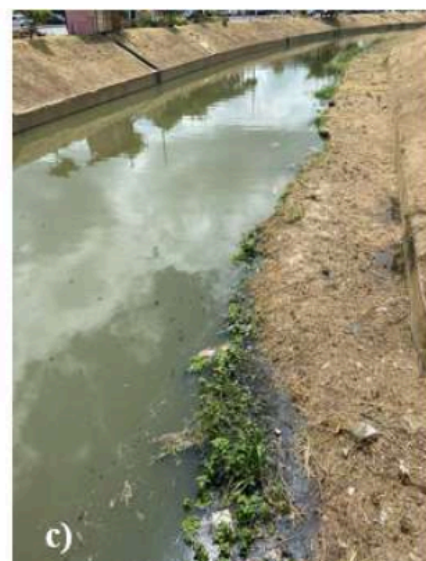


**Fonte:** Autoria própria (2023)

Segundo Silva e Lima (2008), a ocupação das margens por populações de baixa renda está associada à desigualdade social e à ausência de políticas de habitação, o que explica a vulnerabilidade socioambiental verificada nesse ponto. Embora esse trecho tenha pontuado levemente acima do limite para ser considerado impactado, seu estado ainda inspira atenção, visto que a ocupação irregular segue ativa.

Com apenas 11 pontos, este foi o trecho mais degradado entre os analisados. Apresentava ausência total de vegetação ripária, canalização artificial do leito, rampas de escoamento de efluentes e resíduos oleosos flutuantes. Além disso, foram observadas plantas aquáticas colonizando margens alteradas e estruturas de engenharia que transformaram o igarapé em um canal de drenagem urbana (Figura 4).

**Figura 4.** Trechos no Igarapé do Quarenta (a. Vegetação e domicílios; b. Sedimentos; c. Lixo nas margens)



**Fonte:** Autoria própria (2023)





O histórico desse trecho revela transformações profundas e contínuas, com retirada de moradias, substituição por canaletas e impermeabilização da bacia. Esse processo, relatado por Silva et al. (2020), é um reflexo da falta de planejamento urbano e da negligência do poder público com as áreas de preservação.

Souza Filho e Alves (2022) alertam que o igarapé do Quarenta recebe não apenas esgoto doméstico, mas também efluentes industriais do Polo Industrial de Manaus, com altos teores de metais pesados. Isso agrava ainda mais a condição ambiental e torna sua recuperação um desafio de grande escala.

### **Análise Espacial Histórica**

A análise geoespacial realizada por meio do Google Earth Pro complementou os dados obtidos em campo, evidenciando o avanço das ocupações e a degradação ambiental ao longo do tempo.

#### **Igarapé do Mindú – MP1 e MP2**

No trecho MP1, imagens de 2005 indicavam presença moderada de vegetação e baixa densidade urbana nas proximidades. Com o passar dos anos, observou-se uma redução das áreas verdes, aumento da urbanização adjacente e, mais recentemente, recuperação parcial da vegetação ciliar. Mesmo com esse avanço, o igarapé permanece impactado.

No trecho MP2, a degradação foi ainda mais expressiva. Em 2001, havia vegetação nativa preservada. Já em 2011, a construção de um grande condomínio marcou o início da urbanização agressiva no entorno. A impermeabilização e o aumento de efluentes resultaram na atual condição crítica, confirmada tanto pelo PAR quanto pelas imagens históricas.

#### **Igarapé do Quarenta – QP1 e QP2**

No trecho QP1, a análise espacial mostrou uma trajetória de urbanização progressiva. Em 2001, as margens apresentavam vegetação, mas em 2007 já havia um crescimento considerável de domicílios, especialmente sobre áreas frágeis, como planícies de inundação.

Já o trecho QP2 apresentava, desde o início da série histórica, uma alta densidade de edificações. Nas imagens de 2022, observa-se a substituição de moradias por estruturas de canalização, confirmando a transformação do igarapé em um canal urbano sem função ecológica. Isso representa a perda quase total das características naturais do manancial.

### **Discussão**



Os dados demonstram que os igarapés urbanos de Manaus enfrentam sérios desafios ambientais decorrentes da ocupação desordenada, ausência de infraestrutura de saneamento e ações antrópicas contínuas. Conforme apontam Araujo et al. (2020) e Rodrigues et al. (2010), os PARs são ferramentas eficazes para diagnósticos rápidos e confiáveis da integridade dos sistemas hídricos.

O presente estudo confirma que as ações humanas, aliadas à falta de governança e investimentos públicos, resultam na perda de biodiversidade, no assoreamento dos leitos, na contaminação das águas e na exposição de comunidades vulneráveis a riscos de saúde pública. Como observa Vasconcellos (2015), a degradação dos igarapés compromete funções ecológicas essenciais, como a regulação hídrica, a proteção do solo e a manutenção da fauna e flora locais.

Além disso, as análises reforçam a necessidade de políticas públicas integradas que promovam o ordenamento territorial, a recuperação ambiental de áreas degradadas e o investimento em saneamento básico. A falta de planejamento, denunciada por Tucci (1997) e Oliveira (2009), resulta em um ciclo de degradação que perpetua as desigualdades urbanas.

#### **4 CONCLUSÃO**

A aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) nos igarapés do Mindú e do Quarenta, em Manaus, permitiu um diagnóstico claro e fundamentado da realidade ambiental desses importantes corpos hídricos urbanos. Os resultados apontaram para um cenário crítico: dos quatro trechos avaliados, três foram classificados como impactados e apenas um como alterado, demonstrando que os processos de degradação ambiental estão amplamente disseminados nessas áreas.

As evidências coletadas em campo, associadas às análises históricas de imagens geoespaciais, revelam que a urbanização desordenada, a ausência de saneamento básico adequado e a ocupação irregular de Áreas de Preservação Permanente (APPs) têm contribuído de forma determinante para a deterioração das funções ecológicas dos igarapés. Essa condição é agravada pela falta de políticas públicas efetivas e pela vulnerabilidade socioambiental de comunidades que residem nas margens desses cursos d'água.

Os igarapés estudados representam o reflexo de uma urbanização conduzida sem planejamento ambiental, onde os interesses econômicos e a pressão populacional suplantaram as exigências ecológicas e sociais. A presença de resíduos sólidos, efluentes domésticos e industriais, canalizações mal estruturadas e a retirada da vegetação ciliar compõem um conjunto de fatores que colocam em risco não apenas a qualidade da água, mas também a saúde pública e a biodiversidade local.

O estudo também reafirma a eficácia do PAR como ferramenta metodológica de baixo custo, de fácil aplicabilidade e grande valor para o monitoramento de corpos hídricos urbanos, podendo ser utilizada como subsídio em ações de fiscalização, planejamento





ambiental e educação ambiental. Sua utilização é especialmente relevante em cidades como Manaus, que carecem de estrutura técnica contínua para monitoramento hidrológico em larga escala.

Diante disso, é imprescindível que as autoridades públicas e gestores ambientais atuem de forma integrada para promover a recuperação dos igarapés urbanos e prevenir novos processos de degradação. Isso inclui o fortalecimento das políticas de saneamento, o controle da ocupação urbana, a criação de programas de revitalização de áreas degradadas e o incentivo à participação comunitária na conservação dos recursos hídricos.

Por fim, o estudo reforça a urgência de reverter o cenário atual por meio de uma gestão ambiental responsável e sustentável. A preservação dos igarapés urbanos de Manaus é não apenas uma questão ambiental, mas também social, de justiça territorial e de direito à cidade para as populações que historicamente foram excluídas dos benefícios do planejamento urbano e da infraestrutura básica.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, N. R.; MOLINARI, D. C. Caracterização da cobertura vegetal no alto curso da bacia do igarapé do Mindu-Manaus (AM). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 1, p. 406-422, 2020.

ARAUJO, R. M. G. et al. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de um igarapé por meio de protocolo de avaliação rápida – Rio Branco, AC. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, v. 9, n. 4, p. 29-38, 2020.

BARCELLA, B. L. S.; MELAZZO, E. S. Expansão urbana e dinâmica imobiliária: comparando as estratégias fundiárias dos agentes imobiliários em cidades médias. *Sociedade & Natureza*, v. 32, p. 100-115, 2022.

BARBOUR, M. T. *Protocolos de bioavaliação rápida para uso em riachos e rios passáveis: perifíton, macroinvertebrados bentônicos e peixes*. Washington: Agência de Proteção Ambiental dos EUA, Escritório de Água, 1999.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). *Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO*, 2014.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 34, p. 91–97, 2002.

FREITAS, E. P. et al. Protocolo de avaliação ambiental rápida para cursos de igarapés de Manaus/AM. Manaus: [s.n.], 2015.

LOBO, E. A.; VOOS, J. G.; ABREU JÚNIOR, E. F. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do Sul do Brasil. *Caderno de Pesquisa, Série Biologia*, v. 23, n. 1, p. 18–33, 2011.

OLIVEIRA, J. A. (Org.). *Cidades brasileiras: territorialidades, sustentabilidade e demandas sociais*. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2009.



PINTO, J. G. *Análise introdutória do processo de ocupação urbana em Manaus e suas consequências socioambientais*. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

QUEIROZ, M. S.; ALVES, N. S.; BATISTA, S. P. M. Análise do risco de inundação no igarapé do Mindu em Manaus–Amazonas. *Acta Geográfica*, v. 14, n. 36, p. 216–231, 2020.

RADTKE, L. *Protocolo de avaliação rápida: uma ferramenta de avaliação participativa de cursos d'água urbanos*. 2015. 24 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 10, n. 1, p. 74-83, 2008.

RODRIGUES, A. S.; CASTRO, P.; MALAFAIA, G. Utilização dos protocolos de avaliação rápida de rios como instrumentos complementares na gestão de bacias hidrográficas envolvendo aspectos da geomorfologia fluvial: uma breve discussão. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, n. 11, 2010.

SILVA, G. M.; ALVES, A. C.; SANTOS, M. Q. Dinâmica socioespacial e problemas urbanos na microbacia do igarapé do Quarenta, Manaus-Amazonas. *Revista Tocantinense de Geografia*, v. 9, n. 19, p. 101–114, 2020.

SILVA, S. L.; LIMA, M. C. Impactos socioespaciais da intervenção urbana aos ribeirinhos da cidade de Manaus–AM. In: *Anais do IV ENANPPAS – Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade*. Brasília, v. 4, n. 5, 2008.

SOUZA FILHO, E. A.; ALVES, S. B. S. M. Análise das condições de esgotamento sanitário na cidade de Manaus-Amazonas. *Geofronteira*, v. 8, 2022.

VASCONCELLOS, A. A. *Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana*. Curitiba: Appris Editora, 2015.