XI-1290 - SEGURANÇA E PREVENÇÃO DE RISCOS EM PLANTAS DE BIOGÁS: ASPECTOS DAS NORMAS BRASILEIRAS.

Robert Dias Ximenes[(1)]
Doutorando pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Energias Renováveis – PPGPUR.
Fábio Minoru Yamaji[(2)]
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná. Professor adjunto da Universidade Federal de São Carlos. Líder do grupo de pesquisa biomassa e bioenergia da UFSCar – Sorocaba-SP.
Luis Ricardo Oliveira Santos[(3)]
Doutor em Planejamento e Uso de Energias Renováveis pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Membro do grupo de pesquisa biomassa e bioenergia da UFSCar – Sorocaba-SP.

Endereço[(1)]**:** Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Bairro do Itinga – Sorocaba – São Paulo - CEP: 18052-780 - Brasil - Tel: +55 (15) 3229-8860 - e-mail: **robert.ximenes@ufscar.br.**

RESUMO

O aumento contínuo do consumo global de energia, a atenção nas emissões de poluentes e o rápido esgotamento das reservas de combustíveis fósseis baratos levaram a um aumento do interesse na pesquisa e uso de fontes de energia renováveis e sustentáveis, incluindo biogás. O biogás é um biocombustível produzido a partir da decomposição de matéria orgânica por microrganismos através de processo bioquímico conhecido como Digestão Anaeróbia (DA). O biogás é uma mistura de gases, consiste principalmente de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), baixos níveis de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e outros gases. No Brasil a maior quantidade de plantas em operação é classificada como de pequeno porte. Como tal, não são tão bem controladas em termos de riscos relacionados com a produção e utilização do biogás. Com a popularização desta tecnologia aspectos toxicológicos e de inflamabilidade do biogás devem ser levados em consideração para segurança da operação e para a saúde dos operadores e das comunidades do entorno, atendendo as legislações vigentes. O presente trabalho tem como objetivo apresentar um levantamento das normas recomendadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT-NBR), e estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (NR), que possam ter uso em plantas de biogás e biometano. Para tanto foi utilizado uma pesquisa descritiva com caráter exploratório através de uma revisão bibliográfica utilizado bases e fontes como portal de periódico, repositórios de teses e dissertações e repositório de normas e legislações.

PALAVRAS-CHAVE: biogás, biodigestor, segurança.

1 INTRODUÇÃO

O aumento contínuo do consumo global de energia, a atenção nas emissões de poluentes e o rápido esgotamento das reservas de combustíveis fósseis baratos levaram a um aumento do interesse na pesquisa e uso de fontes de energia renováveis e sustentáveis, incluindo biocombustíveis [1]. O biogás é um biocombustível que representa uma das oportunidades mais apreciadas para utilização certas classes de biomassa (resíduos de origem animal, efluentes industriais e resíduos agrícolas) para atender de forma parcial às necessidades energéticas do mundo [2]. O biogás é uma mistura de gases, consiste principalmente de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), baixos níveis de sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S), amônia (NH_3) e outros gases. Isso significa que os aspectos toxicológicos e de inflamabilidade do biogás devem ser levados em consideração para segurança da operação e para a saúde dos operadores e das comunidades do entorno [3].

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo principal levantar as principais Normas Brasileiras (NBRs) e Normas Regulamentadoras (NRs) recomendadas para o uso em plantas de biogás e biometano.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho é desenvolvido como uma pesquisa descritiva, devido a sua natureza, com caráter exploratório em função da sua abordagem. Para Gil (2002) as pesquisas descritivas têm como objetivo descrever a características de determinada população ou fenômeno [4]. Segundo Oliveira (2011) a pesquisa descritiva permite desvendar a relação entre eventos. A pesquisa exploratória é útil no diagnóstico de situações, na exploração de alternativas ou na descoberta de novas ideias [5]. Decorre de uma revisão bibliográfica identificando literaturas (artigos, livros e normas) com relevância ao tema do trabalho. Para tanto foi utilizado bases e fontes como portal de periódico, repositórios de teses e dissertações e repositório de normas e legislações brasileiras.

4 RESULTADOS

Para Pegatin (2020) risco é a condição que potencializa a chance de um evento danoso ocorrer [6]. A NBR ISO 31.000 define fonte de risco como o elemento que, individualmente ou combinado, tem potencial intrínseco para dar origem ao risco [7]. A ABNT NBR 18.801 especifica os requisitos de um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SGSST) que permitem que uma organização controle os respectivos riscos da Segurança e Saúde no Trabalho (SST). O fator de risco deve ser identificado, mensurado e eliminado, ou ao menos, controlado [6]. Muitos acidentes ocorrem devido ao desconhecimento dos riscos que envolvem as atividades [8]. Segundo Feam (2015) o biogás possui um alto grau de periculosidade, com riscos químicos associados à intoxicação e asfixia dos operadores, bem como a ocorrência de incêndios e explosões [9].

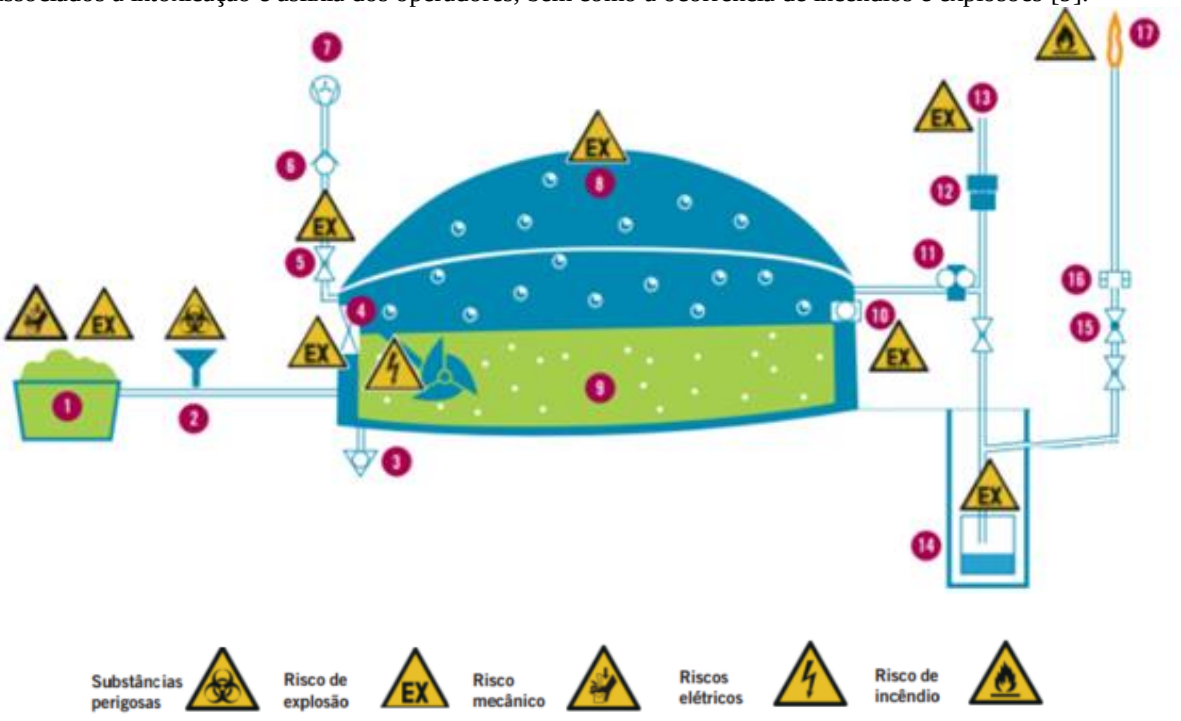

Figura 1: Visão geral de uma planta de biogás. (BONTEMPO, 2016)

Bontempo (2016), apresenta a figura 1 onde mostra a visão geral de uma planta de biogás com 1- Alimentador; 2- Estação de dosagem de auxiliares de processamento; 3- Ligação equipotencial; 4- Abertura de acesso; 5- Válvula de corte; 6- Válvula de retorno; 7- Injeção de ar para dessulfurizarão biológica; 8- Armazenamento de biogás; 9- Digestor; 10- Janela de inspeção; 11- Monitor de baixa pressão; 12- Proteção contra sobrepressão;

13- Válvula de alívio; 14- Purgador de condensado; 15- Válvula de corte; 16- Válvula corta chamas; 17- Flare (queimador) [10].

4.1 Risco de explosão em plantas de biogás.

Nas plantas de biogás podem ocorrer a detonação ou a deflagração. A detonação é uma combustão rápida que ocorre no limite explosivo, sendo de menor potencial que a deflagração, mas podendo causar hematomas, queimaduras e cortes. Já deflagração é uma explosão na qual a velocidade de propagação da frente de reação é inferior à do som naquele ambiente, as plumas de gases de combustão seguem na direção oposta à propagação. A pressão pode danificar ou destruir edifícios e as pessoas sofrem lesões graves, inclusive pode levar a óbito [10]. Feam (2015) afirma que apesar do biogás ser uma mistura gasosa inflamável a explosão do biogás depende da combinação da formação de uma mistura explosiva e o contato com uma fonte de ignição. Nas plantas de biogás o risco está na mistura de metano e oxigênio dentro do limite de explosividade [9]. A NBR IEC 60079-10-1/2022 orienta a classificação de áreas onde existe a probabilidade de presença de uma atmosfera explosiva de gases inflamáveis. A classificação das zonas de riscos se dá relacionando a frequência de ocorrência e a duração da formação de atmosfera explosiva. As zonas são divididas em Zona 0, Zona 1, Zona 2 e áreas não classificadas, a classificação de áreas é influenciada pelo grau da fonte de risco e da ventilação [11]. A Zona 0 seria todas as áreas onde a formação de atmosferas explosivas é recorrente ou ocorre em períodos prolongados. A Zona 1 seria todas áreas onde a ocorrência de atmosferas perigosas explosivas é ocasional. Zona 2 compreende todas as áreas em que raramente ocorre a formação de atmosferas explosivas ou ocorre em breves períodos [9]. As medidas de proteção contraexplosão classificam-se em primária, secundária e terciária. Iniciando com medidas que evitem a atmosfera explosiva, evitem a inflamação da atmosfera perigosa, medidas construtivas e equipamentos de combate a incêndio [12].

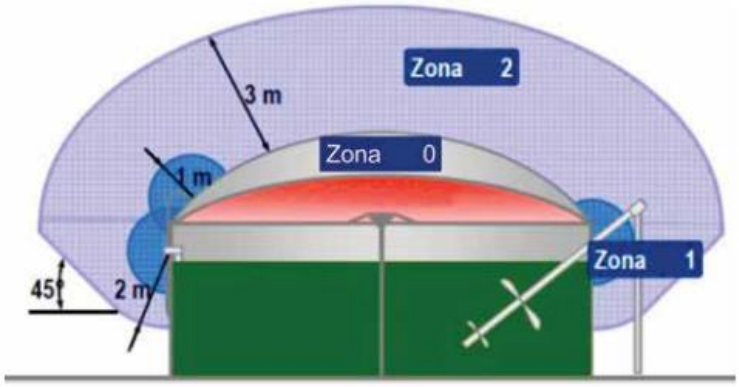

Figura 2: Vista em corte da classificação de área em um biodigestor [9].

Recomenda-se a utilização das normas ABNT NBR IEC 60079-10-1/2020 e ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-1/2020 para identificação e classificação das principais fontes de riscos com biogás. Todos os dispositivos de transporte, manobra, queima e armazenamento de biogás instalados na planta são potenciais fontes de riscos. A norma estabelece a identificação das fontes de riscos e a determinação do grau de liberação (frequência e duração) [13].

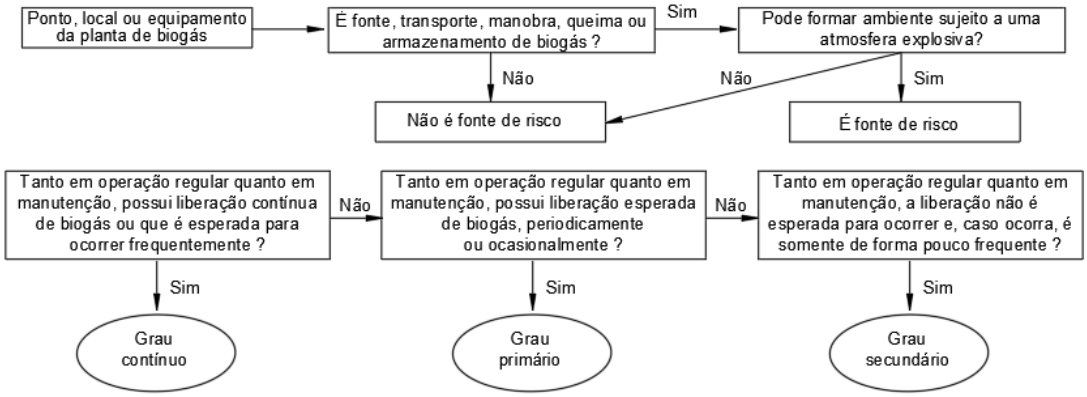

Figura 3: Fluxograma de classificação de grau de risco [11].

4.2 Riscos de envenenamento e asfixia em plantas de Biogás.

As substâncias podem entrar no organismo através da respiração, da pele ou digerida. O biogás tem como principais componentes o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) que são classificados como asfixiantes simples, pertencentes ao grupo V na classificação Fundacentro [13]. Na NR15 do MTE, Quadro nº 1 o metano consta como "Asfixiantes Simples". Se o biogás for inalado em concentração suficientemente alta, pode resultar em envenenamento ou sintomas de asfixia e até morte. Especialmente a presença de sulfeto de hidrogênio (H_2S) em biogás não dessulfurizado pode ser extremamente tóxica, mesmo em baixas concentrações [14].

Tabela 1: Efeitos fisiológicos dos componentes do biogás [15].

Gás	Odor	Efeitos fisiológicos
Amônia (NH_3)	Picante constante	IRRITANTE - Irritação dos olhos e garganta.
Dióxido de carbono (CO_2)	Nenhum	ASFIXIANTE – Sonolência, dor de cabeça.
Gás sulfídrico (H_2S)	Ovo podre	TÓXICO – Irritação dos olhos e nariz, dor de cabeça, vertigem, náuseas, excitação e inconsciência.
Metano (CH_4)	Nenhum	ASFIXIANTE – Sonolência, dor de cabeça.

4.3 Riscos biológicos em plantas de Biogás.

Os riscos biológicos são aqueles pelo contato de micro-organismos (vírus, bactérias, parasitas, protozoários, fungos ou bacilos) que, em contato com o ser humano podem provocar várias doenças [8]. Resíduos de origem animal e humana, utilizados como matéria-prima para DA, contêm várias bactérias patogênicas, parasitas e vírus. Espécies patogênicas que estão regularmente presentes em animais estrumes, lodos e resíduos domésticos são bactérias (por exemplo, Salmonellae, Enterobacter, Clostridiae, Listeria), parasitas (por exemplo, Ascaris, Trichostrangylidae, Coccidae), vírus e fungos [14]. Nas etapas de recebimento dos substratos, tratamentos preliminares, tanque de equalização, tanque de equalização, biodigestor, manuseio do digestato e manuseio do lodo, os operadores estão sujeitos aso riscos biológicos decorrentes de microrganismos presentes nos substratos e no lodo [13]. A NR 25 do MTE, em seu item 25.3.1 coloca que os resíduos líquidos ou sólidos produzidos por processos e operações industriais devem ser adequadamente coletados, acondicionados, armazenados, transportados, tratados e encaminhados à adequada disposição final pela empresa.

4.4 Riscos ambientais em plantas de Biogás.

Os riscos ambientais podem ser classificados segundo a sua natureza. Como agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos. A ocorrência dos acidentes depende da atuação simultânea de uma série de fatores ambientais. Os agentes físicos causadores são: ruído, vibrações mecânicas, temperaturas extremas, condições de ventilação, pressões anormais, radiações ionizantes e radiações não ionizantes [8, 12]. Mas o processo do biogás pode trazer prejuízos ao meio ambiente quando ocorre a fuga do biogás para atmosfera ou

quando outros materiais inerentes do processo como substratos, efluentes de silagem, óleos ou combustíveis alcançarem corpos hídricos próximos. Estes acidentes geralmente são causados por falhas estruturais ou erros operação [10]. Os substratos e os efluentes oriundos da digestão anaeróbia devem ser confinados através de estruturas impermeáveis e estanques. O excesso de biogás não deve ser liberado para atmosfera, se necessário deve-se utilizar os queimadores (flare) para alivio de pressão e destruição do metano [10].

4.5 Outros riscos de acidentes em plantas de Biogás

Outras fontes potenciais de acidentes incluem o perigo de queda de escadas ou áreas descobertas (por exemplo, funis de alimentação, poços de manutenção) ou de ferimentos causados por partes moveis (por exemplo, agitadores) [14]. Equipamentos como agitadores, bombas, equipamentos de alimentação são operados com alta tensão elétrica. Operação inadequada ou defeitos podem resultar em acidentes elétricos fatais [14]. Riscos de queimaduras na pele por contato desprotegido com partes do sistema de aquecimento ou resfriamento da usina de biogás (por exemplo, resfriadores de motores, aquecimento de digestores, bombas de calor) devem ser considerados. Isso também se aplica ao flare (sistema do queimador de gás) [14].

4.6 NBRs aplicável à projetos de plantas de biogás.

Cabe salientar que não existem Normas Brasileiras Regulamentadoras – NBR que tratem do tema especifico do biogás, adota-se com as devidas ressalvas as normativas aplicáveis ao gás natural (BRASIL, 2016b). Abaixo são apresentadas as Normas Brasileiras Regulamentadoras – NBR aplicáveis para uma planta de biogás e biometano com base nos estudos de Ferreira (2016), Brasil (2016b), Gomes (2017) adaptada e atualizada com base na ABNT (2023) [16, 17,18].

4.6.1 NBRs aplicáveis a aspectos construtivos:

ABNT-NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho;
ABNT-NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto;
ABNT-NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**;**
ABNT-NBR 10898 – Sistema de iluminação de emergência;
ABNT-NBR 11742 **–** Portas corta-fogo;
ABNT-NBR 12712 **-** Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível;
ABNT-NBR 15461 **-** Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis - Construção e Instalação de Tanque Aéreo de Aço-Carbono;
ABNT-NBR 14432 **–** Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações;
ABNT-NBR 17240 **–** Equipamentos de detecção, substitui a NBR-9441.

4.6.2 NBRs aplicáveis a operações:

ABNT-NBR 9077 **–** Procedimentos de evacuação;
ABNT-NBR 12693 – Equipamentos de combate a incêndio.

4.6.3 NBRs aplicáveis a emissões de GEEs:

NBR ISO 14064-1:2022 – Orienta as organizações para quantificação, notificação de emissões e remoção de GEEs;
NBR ISO 14064-2:2022 - Orienta as organizações na elaboração de projetos para redução de emissões de GEE;
NBR ISO 14064-3:2022 - Orienta as organizações no processo de validação e verificação de declarações relativas a GEEs.

4.6.4 NBRs aplicáveis a proteção contra descargas atmosféricas:

NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

4.6.5 NBRs aplicáveis a rede de distribuição de energia elétrica:

NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.

4.6.6 NBRs aplicáveis a segurança contraexplosão:

NBR 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;
ABNT-NBR-IEC 60079-1 - Atmosferas explosivas: Proteção de equipamento por invólucro à prova de explosão “d”;
ABNT-NBR-IEC 60079-10-1 – Atmosferas explosivas – Parte 10-1: Classificação de áreas – atmosferas explosivas de gás;
ABNT-NBR-IEC 60079-14 - Atmosferas explosivas: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas;
NBR 12313 – Fixa requisitos mínimos para sistemas de combustão, desde a admissão dos gases combustíveis a partida segura dos equipamentos que utilizam gás, além de monitoramento de todas as variáveis essenciais para o seguro funcionamento de sistemas de combustão.
ABNT-NBR-IEC 80079-20-1 – Atmosferas explosivas – Parte 20-1: Características de substancias para classificação de gases e vapores.

4.6.7 NBRs aplicáveis a Tubulações de biogás e biometano:

NBR 15526 - Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução;
ABNT NBR 14462-1 - Sistemas de tubulações plásticas para o suprimento de gases combustíveis – Polietileno (PE);
NBR 14722 - Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis - Tubulação Não Metálica Subterrânea – Polietileno;
NBR 14903 - Gás natural - Determinação da composição por cromatografia gasosa;
NBR 15616 - Odoração do gás natural canalizado;
NBR 15631 - Gás natural - Determinação de compostos sulfurados utilizando cromatografia em fase gasosa;
NBR 15765 - Gás natural e outros combustíveis gasosos - Determinação do teor de vapor de água através de analisadores eletrônicos de umidade.

4.6.8 NBRs aplicáveis ao armazenamento dos substratos para produção de biogás:

NBR 11174 - Armazenamento de Resíduos Classe II – não inertes e III – inertes – Procedimentos;
NBR 12235 - Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos – Procedimentos;
NBR 10004 – Resíduos sólidos – classificação;
NBR 10007 - Amostragem de resíduos estabelecidos;
NBR 13.221/10 - Transporte Terrestre de Resíduos.

4.7 NRs aplicável à projetos, operação e manutenção de plantas de biogás.

As Normas Regulamentadoras - NRs são estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego – MTE e tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças agravadas pelo trabalho. Abaixo são apresentadas as Normas Regulamentadoras – NR aplicáveis para uma planta de biogás e biometano com base nos estudos de Ferreira (2016), Brasil (2016b), Gomes (2017) adaptada e atualizada com base na MTE (2023).

4.7.1 NRs aplicáveis a aspectos construtivos.

NR 8 – Pisos e edificações;
NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
NR 11 – Transporte, movimentação, armazenamento e manuseio de materiais;
NR 12 – Máquinas e equipamentos;

NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção (estruturas de concreto, armações de aço, estruturas metálicas);
NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis;
NR 26 – Sinalização e segurança.

4.7.2 NRs aplicáveis a operações:

NR 4 – prevê os Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT);
NR 5 – Comissão interna de prevenção de acidentes (CIPA);
NR 6 – Equipamento de proteção individual (EPI);
NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO);
NR 9 – Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos;
NR 15 – Atividades e operações insalubres;
NR 17 – Ergonomia
NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis;
NR 21 – Trabalho a céu aberto;
NR 23 - Proteção Contra Incêndios;
NR 25 – Resíduos industriais;
NR 26 – Sinalização e segurança.

Obs. Algumas de dessas NRs depende da quantidade de funcionários.

4.7.3 NRs aplicáveis a emissões de GEEs:

NR 15 – Atividades e operações insalubres – Anexo n.º 11- Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho;
NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis;
NR 24 – Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho.

4.7.4 NRs aplicáveis a proteção contra descargas atmosféricas:

NR 16 – Atividades perigosas – Energia elétrica;
NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

4.7.5 NR aplicável a rede de distribuição de energia elétrica:

NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

4.7.6 NRs aplicáveis a segurança contraexplosão:

NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção;
NR 23 - Proteção Contra Incêndios.

4.7.7 NR aplicável a Tubulações de biogás e biometano:

NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A instalação de uma usina de biogás requer a adoção de normas visando respeitar os aspectos construtivos, as emissões, as medidas preventivas contraexplosões, as tubulações de distribuição interna de gases combustíveis, redes de distribuição elétricas, proteção da rede elétrica, proteção do solo e mananciais [16]. A Constituição Federal da Republica de 1988, em seu artigo 7º, inciso XXII, aponta que a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança são direitos dos trabalhadores urbanos e rurais.

Bem como no seu inciso XXIII, do mesmo artigo, estabelece que o empregador deve arcar com adicional de remuneração para as atividades penosas, insalubres ou perigosas [19]. A NR9 do MTE prevê que todas as empresas que admitam empregados têm por obrigação desenvolver o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, com o objetivo de antecipar, reconhecer, avaliar e controlar os riscos ambientais. Quando da necessidade de avaliações quantitativas com relação a riscos químicos, físicos e biológicos, pode-se optar por elaborar um Laudo Técnico das Condições Ambientais de Trabalho – LTCAT, permitindo a caracterização situações de insalubridade e de periculosidade [6]. Assim a adoção de medidas mitigadoras de riscos e acidentes é um dever dos responsáveis pelas plantas de biogás e biometano. Podendo ser responsabilizados civil e criminalmente pelos danos materiais e a saúde dos trabalhadores e do entorno, no caso de acidentes provocados pela operação e manutenção da planta.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente estudo foi possível apontar as principais Normas Técnicas (ABNT) e Normas Regulamentadoras (NR) para o uso em plantas de biogás e biometano, o presente estudo tornou-se relevante diante número crescente de plantas em instalação e operação espalhadas pelo país. Estas plantas, em sua maioria, estão espalhadas pelo meio rural e em muitas a ciência dos perigos inerentes da operação e manutenção das mesmas não se faz claro. Este trabalho tem como objetivo auxiliar da disseminação desse conhecimento. Plantas de biogás são empreendimentos complexos que precisam atender diversas normas e legislações, sendo que podem variar de acordo com o tamanho da usina, tipo de substrato e destinação dos produtos gerados [9]. As plantas de biogás e biometano devem seguir as ABNT-NBRs da ABNT e as NR do MTE. Segundo Feam (2015) as normas não tratam especificamente do biogás, mas são adotas normas referentes ao gás natural e à gases combustíveis. Além das normas referentes a resíduos, instalações elétricas, descargas atmosféricas, tubulações, classificação de áreas, identificação de substâncias químicas, emissões atmosféricas, entre outras [9]. Feam (2015) recomenda consultar normas publicadas pelo Instituto Alemão de Normas para auxiliar na elaboração de projetos específicos do biogás. No intuito de prevenir acidentes em plantas de biogás e biometano os riscos devem ser sistematicamente identificados, avaliados e minimizados. Visando a operação segura das plantas de biogás e biometano, inspeções e testes periódicos devem ser realizados em seus componentes e na sua documentação [9].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PIZZUTI, L. et. al. Laminar burning velocity and flammability limits in biogas: A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 62, p. 856–865, 2016.
2. CHEN, C. et al. Challenges in biogas production from anaerobic membrane bioreactors. Renewable Energy, v. 98, p. 120–134, 2016.
3. SCHROEDER V., SCHALAU B., MOLNARME, M. Explosion protection in biogas and hybrid power plants. Procedia Engineering. vol. 84, p. 259-272, 2014.
4. GIL A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
5. OLIVEIRA, M. F. Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: UFG, 2011.
6. PEGATIN T. O. Segurança no trabalho e ergonomia. 1. ed. Curitiba-PR: InterSaberes, 2020.
7. ROSSETE C. A. Segurança e higiene do trabalho. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.
8. SCALDELAI A. V. et. al. Manual prático de saude e segurança do trabalho. 2.ed. São Caetano do Sul-SP: Yendis Editora, 2012.
9. FEAM. Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), 2015.
10. BONTEMPO G. et. al. Biogas: Safety first! – Diretrizes para o uso seguro da tecnologia de biogás. GIZ-Fachverband Biogas. 2016.
11. RIETOW J. C. et. al. Classificações de atmosferas explosivas em estações de tratamento de esgotos com produção de biogás. Congresso Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. FENASAN, 2017.
12. CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS BIOGÁS - CIBiogás Segurança em plantas de biogás: Proteção contra incêndio e explosão em instalações de Biogás e Biometano. Foz do Iguaçu-PR, 2020.

13. SCALDELAI A. P. J. et. al. Diagnóstico de riscos ambientais em estação de tratamento de efluentes no município de Maringá-PR. Revista brasileira de saúde e segurança no trabalho, vol. 1, nº 2, p. 01-10, 2018.
14. AL SEADI T. et. al. Biogas Handbook. University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark. 2008.
15. COMASTRI FILHO, J. A. C. Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense. Circular Técnica 09. Corumbá, EMBRAPA, 1981.
16. FERREIRA, F. A. Estudo de normas recomendadas (ABNT-NBR) e regulamentadoras (NR) para uso térmico do biogás. TCC do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2016.
17. GOMES L. H. S. Possibilidades para utilização de biogás – Um estudo teórico. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.
18. BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. Conceito para licenciamento ambiental de usinas de biogás. Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaf für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2016b.
19. BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Promulgada em 5 de outubro de 1988.