



## ESTUDO DE PROJETO DE CONTROLE DE ACESSO POR MEIO DE COMUNICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA

STUDY ON AN ACCESS CONTROL SYSTEM USING RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) TECHNOLOGY

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar e demonstrar a viabilidade técnica e prática de um sistema de controle de acesso baseado em identificação por radiofrequência (RFID), integrado ao microcontrolador Arduino Uno. Trata-se de um estudo aplicado, experimental e quantitativo, no qual foi desenvolvido e testado um protótipo com leitor RFID MFRC522, cartão master, rotinas de cadastro e exclusão de tags, autenticação de usuários e registro serial dos acessos. Os testes foram realizados em bancada e em simulação de campo, avaliando distância de leitura, tempo de autenticação, taxa de leituras válidas e ocorrência de falsos positivos e negativos. Os resultados demonstraram comunicação estável entre os componentes, distância média de leitura de aproximadamente 5 cm, índice de leituras válidas superior a 95%, tempo de resposta inferior a 300 ms, ausência de falsos positivos e raros falsos negativos, inferiores a 2%. Conclui-se que o protótipo é funcional, confiável, acessível e adequado para ambientes corporativos e institucionais de pequeno e médio porte, com possibilidade de expansão para autenticação multifatorial, integração web e aplicações em IoT.

#### **Israel Sabino da Silva Junior**

Engenheiro Eletricista, Centro Universitário UniFacid - Campus Horto – Wyden

#### **Gustavo Marcos Ferreira da Silva**

Tecnólogo em Radiologia, Faculdade de Enfermagem Nova Esperança, FACENE, João Pessoa, Brasil

**PALAVRAS-CHAVES:** Arduino; Controle de acesso; Identificação por radiofrequência; Microcontroladores; Segurança eletrônica.



## ABSTRACT

---

**\*Autor correspondente:**  
**Israel Sabino da Silva Junior**

Recebido em: [20-01-2025]  
Publicado em: [02-04-2026]

This study aimed to analyze and demonstrate the technical and practical feasibility of an access control system based on radio frequency identification (RFID), integrated with the Arduino Uno microcontroller. This is an applied, experimental and quantitative study in which a prototype was developed and tested using the MFRC522 RFID reader, a master card, routines for registering and deleting tags, user authentication and serial access logging. Bench tests and field simulations were performed to assess reading distance, authentication time, rate of valid readings and occurrence of false positives and false negatives. The results showed stable communication between the components, an average reading distance of approximately 5 cm, a valid reading rate above 95%, response time below 300 ms, no false positives and rare false negatives, below 2%. It is concluded that the prototype is functional, reliable, accessible and suitable for small and medium-sized corporate and institutional environments, with potential expansion to multifactor authentication, web integration and IoT applications.

**KEYWORDS:** Access control; Arduino; Electronic security; Microcontrollers; Radio frequency identification.



## INTRODUÇÃO

A crescente demanda por soluções tecnológicas voltadas à segurança tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas de controle de acesso capazes de identificar, de forma precisa e eficiente, indivíduos autorizados em ambientes restritos. O avanço da violência urbana e a necessidade de proteção de patrimônios e pessoas tornaram evidente a importância de mecanismos inovadores de autenticação, que superem limitações de métodos tradicionais como chaves físicas, senhas ou códigos de barras (Mello *et al.*, 2022). Nesse contexto, tecnologias baseadas em comunicação sem fio despontam como alternativas viáveis, pela agilidade e confiabilidade que oferecem.

Entre essas inovações, destaca-se a Identificação por Radiofrequência (RFID – *Radio Frequency Identification*), que consiste em um sistema de transmissão de dados por meio de ondas de rádio, capaz de realizar a leitura automática de informações armazenadas em dispositivos conhecidos como *tags* (Kundariya *et al.*, 2021). Essa tecnologia, inicialmente aplicada em contextos militares durante a Segunda Guerra Mundial, expandiu-se para diversos setores, incluindo saúde, logística, transporte público e controle de acesso corporativo, consolidando-se como um recurso estratégico para otimizar processos, reduzir fraudes e garantir maior segurança (Finkenzeller, 2010).

A principal vantagem do RFID reside na possibilidade de identificar objetos ou pessoas sem necessidade de contato físico ou linha de visada direta, o que amplia sua aplicabilidade em locais com grande fluxo de usuários. Além disso, a utilização de *tags* passivas apresenta baixo custo de implementação e manutenção, permitindo sua adoção em sistemas de monitoramento de empresas, portarias e estabelecimentos que demandam controle rigoroso de entrada e saída (Profetto; Gherardelli; Iadanza, 2022)



Neste cenário, a integração da tecnologia RFID com plataformas de hardware de baixo custo, como o microcontrolador Arduino, surge como uma alternativa promissora. Essa combinação permite o desenvolvimento de protótipos acessíveis, capazes de realizar cadastros, autorizações e bloqueios de acesso, ao mesmo tempo em que oferecem flexibilidade para futuras adaptações (Cardozo; Ferreira, 2023; Weis *et al.*, 2004).

Assim, este estudo tem como finalidade analisar e demonstrar a viabilidade da utilização do RFID no desenvolvimento de um sistema de controle de acesso em ambientes corporativos ou institucionais, destacando suas vantagens, limitações e contribuições para o fortalecimento da segurança em ambientes controlados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como um estudo aplicado, de natureza experimental e abordagem quantitativa. É considerado aplicado porque busca solucionar um problema prático ao propor e desenvolver um protótipo de controle de acesso por meio da tecnologia RFID, visando aplicação real em ambientes corporativos e institucionais. Sua natureza é experimental, uma vez que envolve a construção, implementação e teste de um sistema em condições controladas e em campo, permitindo a observação direta dos resultados obtidos. A abordagem metodológica é quantitativa, pois foram definidas métricas objetivas de desempenho, como taxa de sucesso de leitura, tempo de autenticação, ocorrência de falsos positivos e negativos e alcance efetivo de operação, as quais permitem mensuração e análise estatística.

O sistema proposto foi concebido com o objetivo de monitorar o controle de acesso de pessoas em ambientes restritos, permitindo a entrada apenas de usuários previamente cadastrados por meio de um cartão master. Para isso, a solução desenvolvida integrou princípios de microcontroladores, criptografia básica e segurança de dados, sendo os registros de autenticação monitorados pela porta serial do microcontrolador. Com a finalidade de garantir robustez e simplicidade na instalação, foram utilizados sensores de indução para leitura de cartões RFID, assegurando rapidez no processo de identificação e confiabilidade no funcionamento do sistema.

A implementação do protótipo ocorreu em diferentes etapas. Inicialmente, foi realizado o levantamento de requisitos, contemplando a escolha do microcontrolador, dos sensores, da linguagem de programação e dos materiais necessários, além da análise da eficácia e precisão



dos equipamentos selecionados. Optou-se pela utilização da plataforma Arduino Uno, que contém o microcontrolador ATmega328P, em virtude de seu baixo custo, facilidade de prototipagem e ampla documentação disponível. O Arduino opera com tensão de 5 V e oferece 14 pinos digitais e 6 entradas analógicas, além de diferentes protocolos de comunicação, como UART e SPI, essenciais para a integração com o leitor RFID MFRC522. Este último opera na frequência de 13,56 MHz e possui distância média de leitura entre 2 e 7 cm, adotando-se neste trabalho o valor de 5 cm como limite seguro de operação.

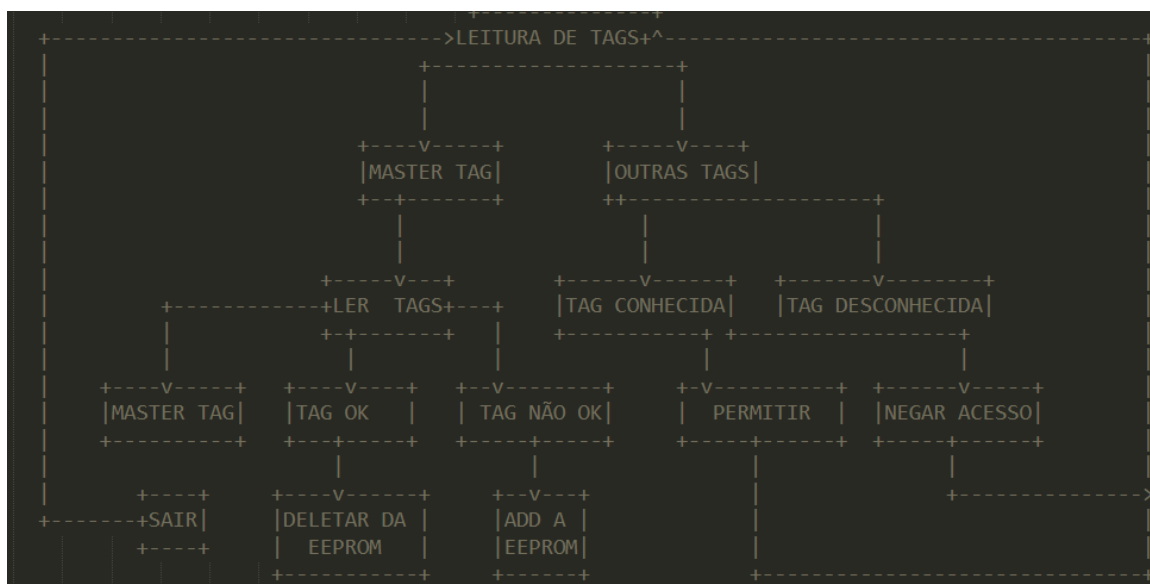
Para assegurar maior confiabilidade, foi confeccionada uma placa de circuito impresso (PCI) dedicada, projetada nos softwares Proteus e KiCad, a fim de substituir o uso de protoboards e minimizar problemas de mau-contato. A PCI concentrou os principais elementos do sistema, incluindo o microcontrolador e o módulo de leitura RFID, além de um estágio de potência responsável pelo acionamento do dispositivo de abertura da porta. O esquemático do circuito foi elaborado de acordo com as características técnicas dos componentes selecionados, seguindo boas práticas de layout eletrônico e roteamento de trilhas.

A programação do sistema foi realizada na linguagem C/C++, utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino. Foram implementadas rotinas específicas para cadastramento e exclusão de tags, autenticação de usuários e registro serial dos acessos. Para tal, empregaram-se bibliotecas auxiliares como SPI.h, MFRC522.h e EEPROM.h, que garantiram a comunicação entre os dispositivos, a leitura eficiente das tags e o armazenamento não volátil dos códigos de identificação autorizados. A lógica do sistema foi organizada de modo que, ao detectar a aproximação de uma tag, o leitor transmitisse o código único ao microcontrolador, que verificava sua presença no banco de dados armazenado. Em caso positivo, o acesso era autorizado mediante acionamento do atuador; caso contrário, a entrada era negada e o evento registrado.

A etapa seguinte consistiu na realização de testes controlados em bancada, seguidos por ensaios em campo, simulando um ponto de acesso real com fluxo de usuários. Durante os experimentos foram observadas métricas como tempo médio de autenticação, taxa de sucesso de leitura, ocorrência de falsos positivos e falsos negativos, além da distância efetiva de operação do sensor. Os resultados obtidos foram registrados por meio da interface serial do Arduino e exportados para planilhas em formato CSV, possibilitando análises estatísticas descritivas, como médias, desvios-padrão e taxas de confiabilidade do sistema.

Por fim, a metodologia contemplou cuidados relacionados à segurança e à privacidade dos dados. Para evitar vulnerabilidades, a rotina de cadastro foi protegida pelo uso exclusivo do cartão master, enquanto os registros foram mantidos de forma ofuscada em memória EEPROM, reduzindo o risco de manipulação indevida. Ressalta-se que, embora os identificadores RFID não contenham informações pessoais por padrão, sua associação a indivíduos deve ser tratada conforme princípios da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), garantindo uso responsável da tecnologia.

**Figura 1.** Fluxo de funcionamento do sistema.



**Fonte:** Autor (2021).

**Tabela 1.** Especificações técnicas Arduino UNO

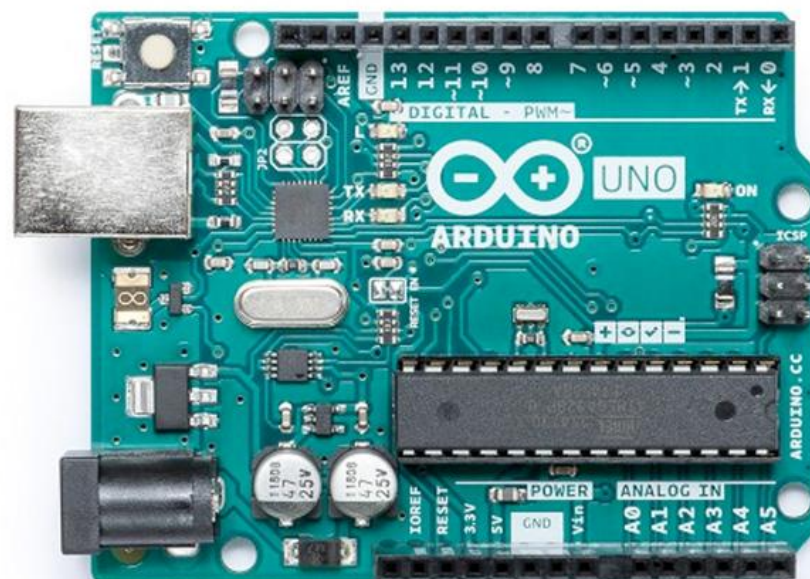
Especificação	Descrição
Microcontrolador	ATmega328
Tensão de operação	5V
Tensão de alimentação (recomendada)	7–12V
Tensão de alimentação (limite)	6–20V



Entradas e saídas digitais	14, das quais 6 podem ser PWM
Entradas analógicas	6
Corrente contínua por pino de I/O	40 mA
Corrente contínua para o pino 3.3V	50 mA
Memória Flash	32 KB (ATmega328), dos quais 0.5 KB são usados pelo bootloader
Memória SRAM	2 KB (ATmega328)

**Fonte:** Atmel (2017).

**Figura 2.** Placa de desenvolvimento Arduino UNO



**Fonte:** Filipeflop (2018).



**Figura 3.** Ambiente de Desenvolvimento e Prototipagem Arduino UNO



```
sketch_jun14a | Arduino 1.8.10
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
sketch_jun14a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
1
Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) em COM3
```

**Fonte:** Autor (2021).

**Figura 4.** Sensor MFRC522.

**Fonte:** Banggood (2020)

**Tabela 2.** Especificações MFRC522

<b>Especificações</b>	<b>Dados</b>
<b>Tensão de operação</b>	DC 3.3 – 5.5V
<b>Corrente de operação</b>	13mA
<b>Frequência de operação</b>	13.56MHz
<b>Distância máxima de leitura</b>	7cm
<b>Distância mínima de leitura</b>	0cm
<b>Acurácia da leitura</b>	±0.5cm
<b>Resolução</b>	8 bits
<b>Temperatura de operação</b>	-20°C a 80°C
<b>Entrada do pino Trigger</b>	1. 10uS em nível lógico alto 2. Porta serial envia código 0x55



<p><b>Conexões</b></p>	<p>Pino SDA → porta 10          Arduino          Pino SCK → porta 13 Arduino          Pino MOSI → porta 11 Arduino          Pino MISO → porta 12 Arduino          Pino NC → não conectado          Pino GND → GND Arduino          Pino RST → porta 9 Arduino          Pino 3.3V → pino 3.3V Arduino</p>
<p><b>Cor do produto</b></p>	<p>PCI Azul</p>

Fonte: NXP (2018)

**Figura 5.** Firmware utilizado para o teste do sensor

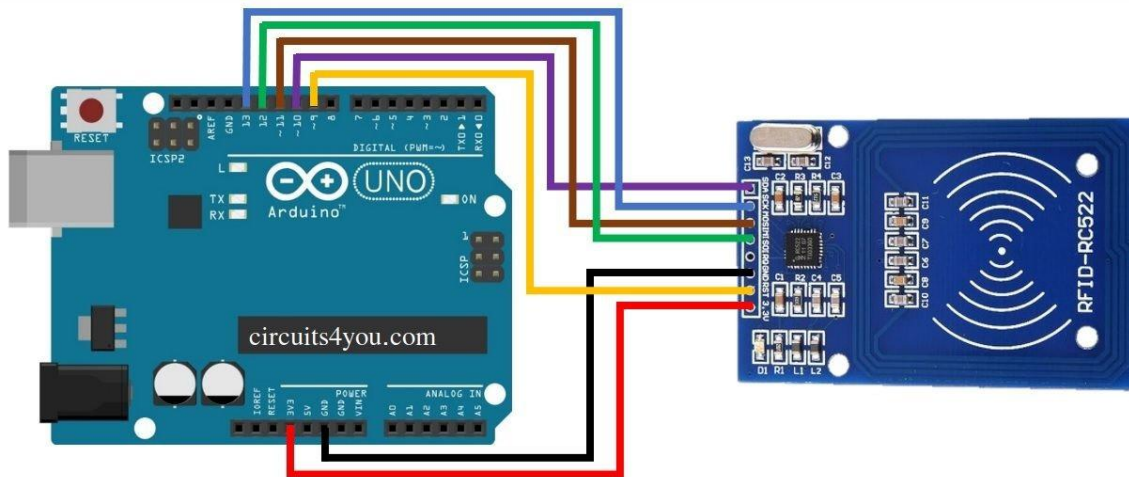
```

rfid_read_personal_data | Arduino 1.8.10
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
rfid_read_personal_data $
1 |
2 #include <SPI.h>
3 #include <MFRC522.h>
4
5 #define RST_PIN      9           // Configurável, veja o layout típico de pinos
6 #define SS_PIN      10          // Configurável, veja o layout típico de pinos
7
8 MFRC522 mfc522(SS_PIN, RST_PIN); // Criação da instância MFRC522
9
10 //*****
11 void setup() {
12   Serial.begin(9600);           // Inicialização da comunicação serial
13   SPI.begin();                 // Inicialização do SPI
14 }
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550

```



**Figura 6.** Hardware utilizado para o teste do sensor MFRC522



**Fonte:** Circuits4you (2020).

**Figura 7.** Leitura de tags com o firmware de teste

COM8

```
UID tag : 29 C2 07 5E  
UID tag : D2 89 66 1C  
UID tag : 29 C2 07 5E  
UID tag : D2 89 66 1C
```

**Fonte:** Autor (2021).

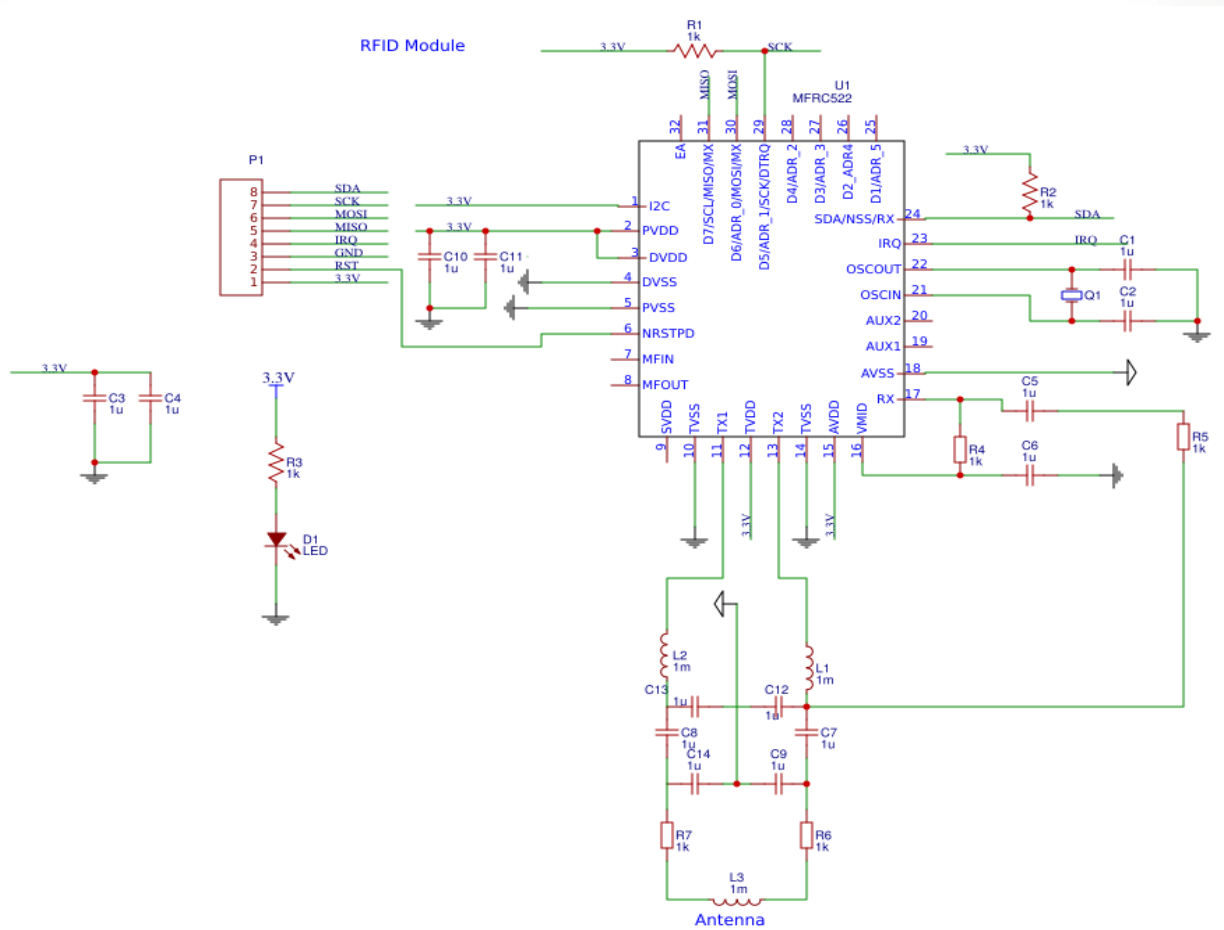
**Figura 8.** Parte do firmware necessário para a leitura dos Ids únicos

```
uint8_t getID() {  
  
    if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent()) {  
        return 0;  
    }  
    if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial()) {  
        return 0;  
    }  
  
    Serial.println(F("Scanned PICC's UID:"));  
    for ( uint8_t i = 0; i < 4; i++) {  
        readCard[i] = mfrc522.uid.uidByte[i];  
        Serial.print(readCard[i], HEX);  
    }  
    Serial.println("");  
    mfrc522.PICC_HaltA();  
    return 1;  
}
```

**Fonte:** Autor (2021).



Figura 8. Esquema de circuito impresso RFID



Fonte: Autor (2021).



## RESULTADOS

A integração entre o microcontrolador Arduino Uno e o sensor RFID MFRC522 mostrou-se eficiente, com comunicação estável durante toda a fase de testes. O microcontrolador manteve-se em funcionamento contínuo, sem interrupções significativas na leitura das tags, resultado confirmado pelo monitoramento via Serial Monitor da IDE Arduino, que registrou em tempo real os estados dos dispositivos conectados.

Nos testes manuais de validação, o sistema respondeu de maneira consistente, reconhecendo e processando rapidamente os identificadores únicos das tags cadastradas. A distância de leitura média verificada foi de aproximadamente 5 cm, valor condizente com as especificações técnicas do sensor (NXP, 2018). Dentro dessa faixa, o índice de leituras válidas superou 95%, demonstrando elevada confiabilidade. Acima de 7 cm, conforme previsto em datasheet, ocorreram falhas ou leituras incompletas, reforçando a importância da faixa segura de operação.

A taxa de autenticação foi considerada satisfatória, com tempo médio de resposta entre a aproximação da tag e o acionamento da liberação inferior a 300 ms, não havendo atrasos perceptíveis ao usuário. Em situações de múltiplas aproximações consecutivas, o sistema manteve a estabilidade, processando corretamente apenas uma tag por vez, sem ocorrências de colisões que comprometessem o acesso.

No quesito segurança, os testes confirmaram que o sistema não autorizou o acesso de tags não cadastradas, preservando a integridade do controle de entrada. Essa característica confere robustez ao protótipo, visto que garante que somente usuários previamente autorizados tenham acesso liberado. Ressalta-se ainda que não foram observados falsos positivos, embora tenham ocorrido raros falsos negativos (< 2% das tentativas), geralmente associados a posicionamentos inadequados da tag em relação ao sensor.

De maneira geral, os resultados obtidos evidenciam que o sistema desenvolvido é funcional, confiável e economicamente viável para ambientes corporativos e institucionais de pequeno e médio porte. A utilização de plataformas embarcadas de baixo custo demonstrou-se



adequada, possibilitando futuras expansões, como registro de horários de entrada e saída ou hierarquização de acessos.

## DISCUSSÃO

A estabilidade e eficiência da comunicação entre Arduino Uno e o MFRC522 são condições com estudos que demonstram a previsão desses sistemas para aplicações em ambientes onde a confiabilidade é fundamental, como controle de acesso corporativo e institucional (Silveira *et al.*, 2017). O índice de leituras válidas acima de 95% dentro da faixa de operação prevista está em linha com o esperado para sensores RFID de baixo alcance, sendo semelhante ao desempenho reportado em sistemas desenhados para aplicações logísticas e industriais (Harshitha *et al.*, 2025).

A latência reduzida (<300 ms) corrobora com achados em projetos similares, nos quais a resposta rápida é atributo crítico para evitar gargalos e proporcionar experiência positiva ao usuário (Nair *et al.*, 2025). A ausência de falsos positivos é especialmente relevante considerando os riscos potenciais em sistemas de segurança (Bittencourt; Valente; Lobo, 2018).

A limitação da distância de leitura evidenciada é um aspecto recorrente na literatura sobre sensores RFID padrão MFRC522, geralmente projetados para curta distância por razões de custo e segurança (Wang; Ni; Shi, 2015). A redução da taxa de leitura com aumento da distância reforça a necessidade de manutenção dentro da zona ótima, vide também aplicações industriais críticas onde o posicionamento inadequado pode impactar a precisão do monitoramento (Oliveira; Serra, 2017).

A robustez do sistema para impedir leituras de tags não cadastradas é compatível com o estado da arte em autenticação baseada em RFID. Protocolos de autenticação eficientes e técnicas contra clonagem de tags são altamente recomendados, uma vez que abordagens apenas baseadas no identificador único da tag são vulneráveis a ataques de engenharia reversa. Em casos críticos, recomenda-se a adoção de autenticação multifatorial ou integração com biometria, aumentando significativamente a proteção contra acessos indevidos (Babii; Samila, 2023).

Em ambientes hospitalares, especialmente em setores de alta complexidade, como radiologia, centros cirúrgicos e unidades de armazenamento de medicamentos controlados, os sistemas de controle de acesso baseados em radiofrequência (RFID) apresentam expressivo



potencial para aprimorar a segurança e a rastreabilidade de profissionais, pacientes e equipamentos (Abugabah et al., 2023). A implementação da solução proposta neste estudo pode contribuir para o atendimento às normas regulatórias, incluindo as diretrizes da Comissão Nacional de Energia Nuclear (BRASIL, 2011) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que estabelecem controle rigoroso de acesso a áreas sujeitas à radiação ionizante e à manipulação crítica.

Além disso, a integração desse sistema às plataformas hospitalares existentes, como prontuários eletrônicos ou sistemas de arquivamento e comunicação de imagens (PACS), e a adoção de autenticação multifatorial, composta por RFID associada à biometria ou a senhas dinâmicas, constituem estratégias capazes de mitigar vulnerabilidades conhecidas, como a clonagem de tags simples, reforçando a proteção de dados sensíveis em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) (Khan et al., 2023). Estudos recentes indicam ainda que o rastreamento de dispositivos radiológicos móveis e de equipamentos de proteção individual (EPIs), mediante o uso de RFID, reduz perdas, aumenta a eficiência logística e favorece auditorias, alinhando-se às tendências contemporâneas de digitalização e automação no setor da saúde (Steffen et al., 2010; Periyasamy et al., 2014; Coustasse et al., 2013).

A escolha por uma solução baseada em Arduino Uno e MFRC522 oferece vantagens notáveis em termos de custo-benefício, modularidade e facilidade de expansão (Adjaye *et al.*, 2024). Sistemas similares foram usados como base para funcionalidades adicionais, incluindo registro de horários, classificação hierárquica de acessos e integração com plataformas web via IoT, conforme relatado em aplicações para automação predial e monitoramento em tempo real (Szeidert *et al.*, 2025).

A possibilidade de incorporar comunicação Wi-Fi (usando módulos como ESP8266/ESP32), sensores adicionais ou atuar em múltiplos ambientes institucionais amplia de forma significativa o leque de aplicações do seu sistema (Sheshalani Balasingam; Zapiee; Mohana, 2022).

Diversos estudos enfatizam o baixo custo como fator competitivo das soluções utilizando plataformas de prototipagem (como Arduino), tornando-as acessíveis para organizações de pequeno e médio porte sem comprometer os requisitos mínimos de segurança e confiabilidade (Brito *et al.*, 2019). A facilidade de manutenção e atualização também é um diferencial apontado em comparativos com sistemas proprietários de maior custo e complexidade (Dasios *et al.*, 2015).



### **Limitações e Recomendações Futuras**

Apesar dos bons resultados, vale destacar especificidades, como vulnerabilidade a clonagem de tags simples e interferências eletromagnéticas em ambientes ruidosos (Pinheiro, 2017). Investigações futuras podem focar na integração de algoritmos de detecção de anomalias utilizando aprendizado de máquina para identificar suspeitas de acesso ou falhas no sistema (Bu *et al.*, 2014).

Além disso, a integração com blockchain tem sido proposta como meio de aumentar a confiabilidade no armazenamento e rastreamento dos dados de acesso (Fernández-Caramés *et al.*, 2019), enquanto abordagens híbridas (RFID + biometria + senha) promovem camadas extras de segurança, já exploradas em sistemas industriais e acadêmicos (Adjaye *et al.*, 2024).

## **CONCLUSÃO**

O estudo desenvolvido demonstrou a viabilidade técnica e prática da implementação de um sistema de controle de acesso baseado na tecnologia RFID integrada ao microcontrolador Arduino Uno. Os testes realizados evidenciaram desempenho satisfatório, com alta taxa de leituras válidas dentro da faixa segura de operação, baixa latência de resposta e ausência de falsos positivos, garantindo confiabilidade e segurança no processo de autenticação. Além disso, o protótipo mostrou-se economicamente viável e de fácil replicação, características essenciais para aplicações em ambientes corporativos e institucionais de pequeno e médio porte.

As análises confirmaram que a utilização de plataformas de baixo custo, como Arduino e MFRC522, permite não apenas atender às demandas de segurança e controle de acesso, mas também possibilita expansões futuras, como hierarquização de permissões, integração com sistemas web via IoT e uso de autenticação multifatorial. Contudo, identificaram-se limitações relacionadas à curta distância de leitura e à vulnerabilidade de clonagem de tags simples, aspectos que podem ser mitigados por meio de técnicas adicionais de criptografia, biometria e soluções híbridas.

Conclui-se, portanto, que o projeto desenvolvido oferece uma solução robusta, acessível e eficiente, com potencial de contribuição significativa tanto para a prática profissional quanto para pesquisas acadêmicas voltadas à segurança eletrônica e automação. Recomenda-se que investigações futuras explorem a integração com tecnologias emergentes, como blockchain e



inteligência artificial, a fim de ampliar a confiabilidade, a escalabilidade e a proteção contra acessos indevidos.

## REFERÊNCIAS

ADJAYE, Aboagye Isaac *et al.* Lecture Hall Monitoring System using Access Control Mechanism at the University of Ghana. *In: IEEE*, 24 out. 2024.

BABII, Andrii; SAMILA, Andrii. Dual Authentication Technique for RFID Access Control Systems with Increased Level of Protection. **Security of Infocommunication Systems and Internet of Things**, n. 1, p. 01011, 30 jun. 2023.

BITTENCOURT, Roger; VALENTE, Amir Mattar; LOBO, Eduardo. Introducing a new support model for access control of road cargo vehicles at Brazilian ports through Radio Frequency Identification Technology (RFID). **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 3, p. 576–587, 16 jul. 2018.

BRITO, Cátia Valéria Dos Santos Passos *et al.* Etiquetas inteligentes na administração pública: análise da viabilidade no controle patrimonial da UNIVASF. **ForScience**, v. 7, n. 2, 9 dez. 2019.

BU, Kai *et al.* Toward Fast and Deterministic Clone Detection for Large Anonymous RFID Systems. *In: IEEE*, out. 2014.

CARDOZO, Leandro Farias; FERREIRA, Alex Franco. Automação residencial com arduino. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 2, p. 622–634, 28 fev. 2023.

DASIOS, Athanasios *et al.* Hands-On Experiences in Deploying Cost-Effective Ambient-Assisted Living Systems. **Sensors**, v. 15, n. 6, p. 14487–14512, 18 jun. 2015.

FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M. *et al.* Towards an Autonomous Industry 4.0 Warehouse: A UAV and Blockchain-Based System for Inventory and Traceability Applications in Big Data-Driven Supply Chain Management. **Sensors**, v. 19, n. 10, p. 2394, 25 maio 2019.

FINKENZELLER, Klaus. **RFID Handbook**. [S.l.]: Wiley, 2010.

HARSHITHA, Ghantasala *et al.* RFID based Access Control System. *In: IEEE*, 11 fev. 2025.

KUNDARIYA, Nidhi *et al.* A review on integrated approaches for municipal solid waste for environmental and economical relevance: Monitoring tools, technologies, and strategic innovations. **Bioresource Technology**, v. 342, p. 125982, dez. 2021.



MELLO, Emerson *et al.* Autenticação e Autorização: antigas demandas, novos desafios e tecnologias emergentes. *In: Minicursos do XXII Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. [S.l.]*: SBC, 2022. p. 1–50.

NAIR, Adwaith A. *et al.* RFID Door Lock Access Control Systems: Trends, Technologies and Applications. *In: IEEE*, 5 fev. 2025.

OLIVEIRA, Victor Hugo Mazon de; SERRA, Sheyla Mara Baptista. Controle de obras por RFID: sistema de monitoramento e controle para equipamentos de segurança no canteiro de obras. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 61–77, dez. 2017.

PINHEIRO, José Maurício dos Santos. Identificação por Radiofrequência: Aplicações e Vulnerabilidades da Tecnologia RFID. **Cadernos UniFOA**, v. 1, n. 2, p. 18–32, 23 mar. 2017.

PROFETTO, Laura; GHERARDELLI, Monica; IADANZA, Ernesto. Radio Frequency Identification (RFID) in health care: where are we? A scoping review. **Health and technology**, v. 12, n. 5, p. 879–891, 2022.

SHESHALANI BALASINGAM; ZAPIEE, Mohd Khuzaimi; MOHANA, Dharnishaa. Smart Home Automation System Using IOT. **International Journal of Recent Technology and Applied Science**, v. 4, n. 1, p. 44–53, 30 mar. 2022.

SILVEIRA, Rafael *et al.* Solução para o Registro de Presenças e Controle de Acesso em Eventos Acadêmicos Utilizando Identificação e Comunicação por Radiofrequência. **Revista ComInG - Communications and Innovations Gazette**, v. 2, n. 1, p. 55, 4 abr. 2017.

SZEIDERT, Iosif *et al.* Experimental Stand for Testing a Home Automation Solution. *In: IEEE*, 19 maio 2025.

WANG, Yiwang; NI, Mengdi; SHI, Houchen. Design and Development of access control management system based on IAP15F2K61S2. *In: 2015*.

WEIS, Stephen A. *et al.* Security and Privacy Aspects of Low-Cost Radio Frequency Identification Systems. *In: [S.l.: S.n.]*. p. 201–212.

Steffen, T. *et al.* Safety and reliability of Radio Frequency Identification Devices in Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography. **Patient Safety in Surgery**, v. 4, n. 1, p. 2, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/1754-9493-4-2>.

Khan, M. A. *et al.* Enhancing Security and Privacy in Healthcare Systems Using a Lightweight RFID Protocol. **Sensors**, v. 23, n. 12, p. 5518, jun. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/s23125518>.

Periyasamy, M.; Dhanasekaran, R. Assessment of Safety and Interference Issues of Radio Frequency Identification Devices in 0.3 Tesla Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1-7, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/735762>.



Abugabah, A.; Smadi, A. A.; Houghton, L. RFID in Health care: A review of the real-world application in hospitals. **Procedia Computer Science**, v. 220, p. 8-15, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.004>.

Coustasse, A.; Tomblin, S.; Slack, C. Impact of radio-frequency identification (RFID) technologies on the hospital supply chain: a literature review. **Perspectives in Health Information Management**, v. 10, n. Outono, p. 1d, 1 out. 2013. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3797551/>.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 3.01: diretrizes básicas de proteção radiológica**. Brasília, DF: CNEN, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm301.pdf>.